



Recherche d'information dans les documents numériques : vers une variation des modalités d'exécution procédurale

Mohamed Djouani

► To cite this version:

Mohamed Djouani. Recherche d'information dans les documents numériques : vers une variation des modalités d'exécution procédurale. Sciences de l'information et de la communication. Université de Bourgogne, 2013. Français. NNT: . tel-01101674

HAL Id: tel-01101674

<https://hal.science/tel-01101674>

Submitted on 9 Jan 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE DE BOURGOGNE

Ecole Doctorale : Langages, Idées, Sociétés, Institutions, Territoires

Thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Bourgogne

Discipline : Sciences de l'Information et de la Communication

Présentée et soutenue publiquement par

Mohamed DJOUANI

Le 5 décembre 2013

Recherche d'information dans les documents numériques :
vers une variation des modalités d'exécution procédurale

Directeur de thèse

Stéphane CARO DAMBREVILLE

Jean Michel BOUCHEIX : Co-directeur de thèse

Jury

Mireille Betrancourt

Professeur Université de Genève

Erica DeVries

Professeur Université Grenoble 2

Jérôme Dinet

Maitre de conférences HDR Université Metz

Madjid Ihadjadene

Professeur Université Paris 8

Jean-Michel Boucheix

Professeur Université de Bourgogne Dijon

Stéphane Caro Dambreville

Professeur Université Bordeaux 3

Remerciements

Cette recherche a bénéficié d'un financement du Conseil régional de Bourgogne et d'un parrainage du G érontopôle (CHU Dijon) dans le cadre de l'action « Jeunes Chercheurs Entrepreneurs » du Plan d'Actions Régional pour l'Innovation (PARI).

Cette thèse est la concrétisation de quatre années d'étude et le fruit d'une collaboration fructueuse entre le CIMEOS et le Laboratoire d'Etudes des Apprentissages et du Développement (LEAD, Dijon). Elle a bénéficié des moyens techniques mis à disposition par le LEAD ainsi que de la Société LEXIP (Paris).

Ce travail de recherche mené sur ces quelques années procure une grande satisfaction car il me donne l'occasion de remercier les personnes qui m'ont permis de le réaliser.

Je remercie Stéphane Caro Dambreville pour avoir dirigé ma thèse, et pour m'avoir permis de travailler dans de bonnes conditions. Il a été à mes côtés durant ces années, m'a fait profiter de sa compétence autant que de son humanité.

Je remercie Jean-Michel Boucheix d'avoir accepté d'être co-directeur de ma thèse et de m'avoir montré les exigences et la rigueur scientifique de la psychologie. Ils m'ont appris plus que je ne l'espérais. Ils peuvent être assurés de ma profonde gratitude.

Je remercie Daniel Raichvarg pour m'avoir fait une place au sein du laboratoire CIMEOS et pour la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de ces années.

Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accordé de leur temps pour examiner ce travail.

Je remercie également tous ceux qui m'ont accompagné dans cette aventure, amis, collègues étudiants, ...souvent discrets mais très présents durant ces années.

Mes remerciements s'adressent également aux étudiants des lycées de la Côte d'or, de l'IUT de Dijon, ainsi qu'aux retraités de l'OPAD et du club IURRARD qui ont accepté de participer aux expériences de manière bénévole.

Enfin, je souhaite également remercier ma famille pour avoir créé les conditions favorables à l'épanouissement de cette recherche. En effet, je ne vois pas comment j'aurais pu mener tous ces travaux à terme si ils n'avaient pas été aussi conciliants, aussi attentifs et aussi patients qu'ils ont su l'être. Je leur dois beaucoup. Soyez mille fois remerciées.

Résumé

L'activité de recherche d'information sur le web est devenue courante dans notre vie journalière. Malgré cela, elle pose encore de nombreux problèmes chez l'utilisateur qui ne trouve pas l'information qu'il recherche ou qui se perd devant la quantité d'informations disponible. Cette étude vise à expérimenter un nouveau dispositif de prévisualisation, breveté permettant à des utilisateurs de naviguer et de consulter des pages en profondeur. La tâche consiste à trouver un appartement cible possédant un ou plusieurs critères spécifiques dans un site web d'agence immobilière spécialement conçu. Plusieurs conditions ont été testées. L'une « habituelle » présentant les caractéristiques classiques de recherche, page par page; l'autre « transparente » qui permet de pré-visualiser les pages choisies et de ne sélectionner que les pages pertinentes. Nous nous intéressons à la mise en œuvre des processus cognitifs ou s'ajoute l'importance du maintien du but de la recherche en mémoire de travail et aussi à la notion de charge cognitive investie dans une telle activité. Nous utilisons entre autres la technique des mouvements oculaires qui permet de déterminer comment un utilisateur traite et recherche des informations dans un document numérique. Par ailleurs, nous comparons les performances de ce dispositif avec une tablette tactile. Les résultats obtenus révèlent des effets significatifs de ce dispositif de prévisualisation.

MOTS CLÉS

Recherche d'information, documents numériques, dispositif de prévisualisation, charge cognitive, vieillissement cognitif.

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	4
Table des matières	5
Liste des figures.....	12
Liste des tableaux	14
Listes des graphiques	15
Introduction générale.....	17
1. Un nouveau dispositif technique de navigation dans les documents numériques.....	19
1.1 Présentation du dispositif technique.....	19
2. Plan et contenu de la thèse	22
Première partie : Apports théoriques de la recherche d'information	25
Chapitre 1 : Apport des Sciences de l'information et de la psychologie cognitive.....	26
1. Précisions terminologiques	27
2. L'activité de recherche d'information.....	28
2.1 Une activité complexe à appréhender	31
3. Apport des sciences de l'information dans la compréhension de la RI.....	32
3.1 Processus de recherche d'information : évolution des paradigmes.....	33
3.1.1 Le paradigme classique dit « orienté système »	33
3.1.2 Le paradigme cognitif « orienté utilisateur »	34
3.1.3 Le paradigme « orienté usages »	38
3.1.4 Observer et comprendre la RI dans une démarche expérimentale	39
Chapitre 2 : Modélisation cognitive de la recherche d'information.....	41
1. Apport de la psychologie cognitive dans la compréhension de la RI	42
2. Le modèle de Guthrie (1988)	42
3. Le modèle TIMS de Dillon (1994,1996).....	43
4. Le modèle d'Ingwersen (1996)	44
5. Le modèle de Marchionini (1995).....	45
6. Le modèle d'Eisenberg et Johnson (1996).....	46
7. Le modèle EST de Rouet et Tricot (1998)	47
Chapitre 3 : Recherche d'information, implications pour l'utilisateur	51

1.	Résolution de problèmes	52
2.	Nature exploratoire de la recherche d'information	54
3.	Processus cognitifs liés à la recherche d'information	54
4.	Construction et représentation de l'espace recherche	55
4.1	Stratégies adoptées par les utilisateurs	55
4.2	Naviguer dans un système de recherche d'information	57
4.2.1	Types de connaissances.....	57
4.2.2	Le but de navigation	58
4.2.3	Les composants de la navigation.....	58
4.2.4	Les moyens de la navigation	58
Chapitre 4 : La recherche d'information : trois notions essentielles.....		60
1.	Le besoin d'information	61
2.	La pertinence de l'information.....	62
3.	La tâche	64
Deuxième partie Problèmes clés de la recherche d'information.....		67
Chapitre 5 : Mémoire de travail et charge cognitive		68
1.	La mémoire de travail et ses limites.....	70
1.1	Théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999)	72
1.1.1	Charge cognitive intrinsèque.....	73
1.1.2	Charge cognitive extrinsèque (inutile)	74
1.1.3	Charge cognitive pertinente (utile).....	74
1.1.4	La mesure de la charge cognitive	75
Chapitre 6: Difficultés des utilisateurs à rechercher de l'information		80
1.	Difficultés liés au processus de recherche d'information	81
2.	Difficultés liées à la désorientation	83
3.	Difficultés liées à la surcharge cognitive	84
4.	Difficultés à construire une représentation mentale du système	85
5.	Difficultés liées à la modification des repères traditionnels de la lecture à l'écran	86
Chapitre 7 : Le rôle du vieillissement cognitif sur l'activité de recherche d'information		90
1.	Les séniors et le numérique	91
1.1	Distinctions résolution de problèmes et tâches	92
1.2	Diminution des performances cognitives avec l'âge.....	93

1.3	La théorie du ralentissement cognitif (Salthouse, 1996)	94
1.4	Niveau scolaire et vieillissement cognitif	96
Troisième partie : Vers une variation des modalités d'exécution procédurale de la recherche d'information.....		98
Chapitre 8 : Evolution du concept de document numérique		99
1.	Début des premiers systèmes informatisés.....	100
2.	Du Document papier au Document numérique	102
2.1	Quelques éléments de définition du terme « document »	102
2.2	Evolution de la notion de document.....	103
2.3	Evolution du document comme forme	105
2.4	Evolution du document comme signe	105
2.5	Evolution du document comme médium	105
3.	Le document papier	106
4.	Le document numérique ou l'information « dématérialisée »	107
4.1	Typologie et critères de distinction des documents numériques	108
4.2	Le document numérique : ses caractéristiques	111
Chapitre 9: Interaction entre les utilisateurs et le système de recherche d'information.....		113
1.	Le domaine de l'interaction homme – machine	114
1.1	La RI contribue à mettre en interaction l'utilisateur et le système.....	114
1.2	Vers de nouvelles modalités d'interaction	115
2.	Vers de nouvelles pratiques de navigation	117
3.	La navigation à l'écran implique des interfaces adaptées	119
4.	La cognition externe.....	120
5.	La visualisation d'information, support à la navigation.....	122
5.1	Les effets bénéfiques de la mise en escamot d'information.....	124
5.2	Techniques de visualisation	126
5.2.1	Vue d'ensemble et zoom	126
5.2.2	L'effet fish eye	128
5.2.3	Les différents types de multiplexage (S.POOK, 2001)	129
Chapitre 10 : Problématique et cadre général des expérimentations.....		133
I.	Problématique de recherche	134
II.	Cadre général des expérimentations.....	135

1.	Le choix de la thématique	136
2.	Procédures expérimentales et consignes	136
3.	Les sujets	137
4.	Le matériel.....	137
4.1	Navigation et complexité de la tâche	139
5.	Méthode d'analyse des protocoles	139
5.1	Mesures On - Line	139
5.2	Mesures Off - Line	142
5.3	Méthode d'analyse statistique	143
	Quatrième partie : Contribution empirique	144
	Chapitre 11 : Facteurs influençant la recherche d'information dans un site d'agence immobilière	145
I.	Expérience 1 : Étude exploratoire de l'effet de la modalité et de l'âge sur la recherche d'information.....	146
1.	Objectif de l'expérience	146
2.	Méthodologie	147
2.1	Participants	147
2.2	Matériel	147
2.3	Procédure.....	148
3.	Résultats	149
3.1	Mesures On - Line	149
3.1.1	Le temps	149
3.1.2	Le nombre de consultations de la consigne.....	150
3.1.3	Le nombre de pages consultées	151
3.2	Mesures Off - Line	152
4.	Discussion	153
	Chapitre 12 : Etude du comportement visuel des utilisateurs dans un site d'agence immobilière	156
I.	Expérience 2 : Analyse des mouvements oculaires lors d'une tâche de recherche d'information.....	157
1.	Objectif de l'expérience	157
2.	Méthodologie	158

2.1	Sujets	158
2.2	La technique de l'oculométrie.....	158
2.3	Matériel	159
2.4	Procédure.....	161
2.5	Analyse des données	162
3.	Résultats	164
3.1	Mesures On-Line.....	164
3.1.1	Analyse de la variance sur les durées moyennes de fixation	165
3.1.1.1	Effet de l'Age	165
3.1.1.2	Effet de la Modalité.....	165
3.1.1.3	Effet de la Complexité.....	166
3.1.1.4	Effet de l'AOI.....	167
3.1.1.5	Effet de l'interaction Complexité et Modalité.....	168
3.1.1.6	Effet de l'interaction Complexité et AOI.....	169
3.1.1.7	Effet de l'interaction AOI et Modalité	169
3.1.1.8	Effet de l'interaction Complexité, AOI et Age	170
3.1.1.9	Effet de l'interaction Complexité, AOI et Modalité	171
3.1.2.0	Effet de l'interaction AOI, Age et Modalité.....	172
3.2	Mesures Off - Line	173
3.2.1	Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjective.....	173
3.2.2	Test MMSE	175
3.2.3	Test Mill-Hill (en français de la forme à choix multiples par Deltour, 1993)	175
4.	Discussion	176
4.1	Synthèse des expériences 1 et 2	179
Chapitre 13 : Facteurs influençant la recherche d'information avec un dispositif mobile tactile et un dispositif de pointage manuel.....		184
1.	Vers de nouvelles formes d'ordinateurs	185
2.	De l'ordinateur aux tablettes tactiles	185
3.	Présentation de la tablette tactile	186
4.	Les dispositifs de pointage tactiles.....	187
I.	Expérience 3 : Etude des facteurs influençant la recherche d'information avec un dispositif mobile tactile	189

1.	Objectif.....	189
2.	Méthodologie	189
2.1	Sujets	189
2.2	Matériel	189
2.3	Le dispositif tactile	190
2.4	Procédure.....	192
3.	Résultats	193
3.1	Mesures On - Line.....	193
3.1.1	Le temps	194
3.1.2	Consultation de la consigne.....	197
3.1.3	Pages consultées.....	198
3.2	Mesure Off - Line.....	200
3.2.1	Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjective.....	200
3.2.2	Test MMSE	202
3.2.3	Test Mill Hill.....	202
4.	Discussion	203
I.	Expérience 4 : Etude des facteurs influençant la recherche d'information avec un dispositif de pointage manuel (souris 3D).....	206
1.	Objectif.....	206
2.	Méthodologie	206
2.1	Sujets	206
2.2	Matériel	206
2.3	Le dispositif de pointage manuel (souris 3 D)	207
2.4	Procédure.....	208
3.	Résultats	209
3.1	Mesures On - Line.....	209
3.1.1	Le temps	209
3.1.2	Consultation de la consigne.....	213
3.1.3	Pages consultées.....	215
3.2	Mesures Off - Line	217
3.2.1	Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjectiv	217
3.2.2	Test MMSE	219

3.2.3	Test Mill Hill	219
4.	Discussion	220
Chapitre 14 : Conclusions et perspectives.....		222
1.	Synthèse des expériences 3 et 4	223
1.1	Le temps de recherche	223
1.2	Consultation de la Consigne.....	224
1.3	Pages consultées.....	225
2.	Discussion générale et perspectives de recherche	228
BIBLIOGRAPHIE		234
ANNEXES		252

Liste des figures

Figure1: maquette de la souris cartographique.....	21
Figure 2: apparition en transparence de la structure du site	21
Figure 3: apparition en transparence d'un aperçu d'une page lors du survol d'un lien(3 espaces, page, plan, prévisualisation)	22
Figure 4 : affichage de la page d'accueil lors du relâchement de la main (si le curseur n'est pas pointé sur une prévisualisation de page).....	22
Figure 5: processus de recherche d'information (Wilson, 1999).....	38
Figure 6: modèle de P. Ingwersen (1996).....	45
Figure 7 : modèle EST (Rouet & Tricot, 1998).....	48
Figure 8: théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999)	73
Figure 9: questionnaire Nasa Tlx version numérique	77
Figure 10 : Questionnaire Nasa Tlx version papier (traduit A. Maincent, 2009)	78
Figure 11 : exemple de cartes de comparaison binaire pour définir le poids dimensionnel de la charge mentale	79
Figure 12: théorie du ralentissement cognitif (Salthouse, 1996).....	95
Figure 13 : item utilisé dans le MILL HILL.....	97
Figure 14:recherche d'information sans ordinateur.....	100
Figure 15:exemple de prévisualisation sur une page Google (le curseur positionné permet de visualiser la page d'accueil du site de l'Université de bourgogne).....	123
Figure 16: zone de consultation par activation (site Peugeot).....	125
Figure 17: activation d'un escamot (site Peugeot)	125
Figure 18: eye (site Crédit Mutuel).....	128
Figure19: vue en profondeur (site Crédit Mutuel):	130
Figure 20 : Dans Zoomit, les deux couches sont plus facilement discernables grâce aux mouvements initiés par l'utilisateur lors d'un zoom (spook, 2000).	130
Figure 21 : EyetrackerTobii 1750.....	138
Figure 22 : page d'accueil du site web immo 3000.....	138
Figure 23: exemple de logement (photo et descriptif)	139

<i>Figure 24: exemple de carte de chaleur (site immo 3000).....</i>	<i>141</i>
<i>Figure 25: exemple de découpage en AOI.....</i>	<i>142</i>
<i>Figure 26 : modalité habituelle.....</i>	<i>147</i>
<i>Figure 27: modalité transparente</i>	<i>148</i>
<i>Figure 28 : exemple de parcours oculaire de fixation d'un sujet.....</i>	<i>159</i>
<i>Figure 29: modalité normale</i>	<i>160</i>
<i>Figure 30: modalité normale</i>	<i>160</i>
<i>Figure 31: modalité Inter.....</i>	<i>161</i>
<i>Figure 32: sujet devant l'écran expérimental.....</i>	<i>161</i>
<i>Figure 33 : calibrage avec les 2 cercles blancs représentant les yeux d'un participant.....</i>	<i>162</i>
<i>Figure 34: découpage de la page du site en AOI.....</i>	<i>163</i>
<i>Figure 35: tablette tactile.....</i>	<i>187</i>
<i>Figure 36 : capture d'écran photographies de logements</i>	<i>190</i>
<i>Figure 37 : tablette tactile.....</i>	<i>190</i>
<i>Figure 38: Modalité normale.....</i>	<i>207</i>
<i>Figure 39 : modalité plan.....</i>	<i>207</i>
<i>Figure 40: ordinateur portable et souris 3 D.....</i>	<i>208</i>

Liste des tableaux

Tableau 1: trois niveaux d'analyse des tâches de recherche d'information (Rouet & Tricot, 1995).....	65
Tableau 2: Score des sources de charge mentale	77
Tableau 3: (critères de distinction des documents numériques (Guide de méthodologie documentaire SCD Université Rennes 2).....	109
Tableau 4 : moyennes et écarts types (SD)	149
Tableau 5 : moyennes et écarts types (SD)	164
Tableau 6: test MMSE.....	175
Tableau 7 : test MILL HILL.....	175
Tableau 8: mise en correspondance des trois phases, Evaluation, Sélection, Traitement dans les deux expérimentations	181
Tableau 9 : moyennes et écarts- types (SD) avec tablette tactile.....	194
Tableau 10: test MMSE.....	202
Tableau 11: test MILL HILL.....	203
Tableau 12 : moyennes et écart- types (SD) avec souris 3D.....	210
Tableau 13: test MMSE.....	219
Tableau 14: test MILL HILL.....	219
Tableau 15: moyennes(M) et écarts types(SD) du temps de recherche	223
Tableau 16 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du temps de recherche.....	223
Tableau 17 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de consultation de la consigne	224
Tableau 18 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de consultation de la consigne	224
Tableau 19 : Moyennes(M) et écarts types(SD) du nombre de pages consultées.....	225
Tableau 20 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de pages consultées.....	225
Tableau 21 : synthèse interactions des expériences 3 et 4.....	226

Listes des graphiques

<i>Graphique 1: temps de recherche moyens en secondes de chaque groupe pour chaque modalité.....</i>	<i>150</i>
<i>Graphique 2 : nombre de consultation de la consigne pour chaque modalité</i>	<i>151</i>
<i>Graphique 3 : nombre de pages consultées selon la modalité.....</i>	<i>151</i>
<i>Graphique 4 : évaluation de la charge mentale selon la modalité</i>	<i>152</i>
<i>Graphique 5: indice de fixation moyen en fonction de l'Age.....</i>	<i>165</i>
<i>Graphique 6 : indice de fixation moyen selon la Modalité</i>	<i>166</i>
<i>Graphique 7 : indice de fixation moyen selon le niveau de Complexité</i>	<i>167</i>
<i>Graphique 8: indice de fixation moyen en fonction des AOI</i>	<i>168</i>
<i>Graphique 9 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité et Modalité.....</i>	<i>168</i>
<i>Graphique 10 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité et AOI.....</i>	<i>169</i>
<i>Graphique 11 : indice de fixation moyen de l'interaction AOI et Modalité</i>	<i>170</i>
<i>Graphique 12 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité, AOI, Age</i>	<i>171</i>
<i>Graphique 13: indice de fixation moyen de l'interaction Complexité, AOI, et Modalité</i>	<i>172</i>
<i>Graphique 14 : indice de fixation moyen selon l'AOI, Age et Modalité</i>	<i>173</i>
<i>Graphique 15 : évaluation de la charge mentale selon l'Age.....</i>	<i>173</i>
<i>Graphique 16 : évaluation de la charge mentale de l'interaction (groupe et modalité)</i>	<i>174</i>
<i>Graphique 17: temps de recherche moyen pour chaque Groupe dans chaque niveau de complexité.....</i>	<i>195</i>
<i>Graphique 18 : temps de recherche moyen de chaque modalité dans chaque niveau de complexité.....</i>	<i>196</i>
<i>Graphique 19: temps moyen de recherche selon la Complexité, Age et Modalité</i>	<i>197</i>
<i>Graphique 20 : nombre de consultation de la consigne selon l'Age et la Modalité.....</i>	<i>198</i>
<i>Graphique 21: nombre moyen de pages consultées selon l'Age et la Complexité.....</i>	<i>199</i>
<i>Graphique 22 : nombre moyen de pages consultées selon la modalité et la complexité</i>	<i>200</i>
<i>Graphique 23 : évaluation de la charge mentale selon l'Age.....</i>	<i>201</i>
<i>Graphique 24: évaluation de la charge mentale selon la modalité</i>	<i>201</i>
<i>Graphique 25 : temps moyen de recherche selon l'âge et la modalité</i>	<i>210</i>

<i>Graphique 26 : temps moyen de recherche selon l'Age et la Complexité</i>	<i>211</i>
<i>Graphique 27 : temps moyen de recherche selon la Modalité et la Ccomplexité.....</i>	<i>212</i>
<i>Graphique 28 : temps moyen de recherche selon les facteurs Complexité, Age et Modalité pour chaque niveau de complexité</i>	<i>213</i>
<i>Graphique 29 : nombre moyen de la consultation de la consigne selon l'Age et la Modalité</i>	<i>214</i>
<i>Graphique 30 : nombre moyen de consultation de la consigne selon la Modalité et la Complexité.....</i>	<i>214</i>
<i>Graphique 31 : nombre moyen des pages consultées selon la Complexité</i>	<i>215</i>
<i>Graphique 32 : nombre moyen des pages consultées selon l'Age et la Modalité.....</i>	<i>216</i>
<i>Graphique 33 : nombre moyen des pages consultées selon la Modalité et la Complexité</i>	<i>217</i>
<i>Graphique 34 : évaluation de la charge mentale selon l'Age.....</i>	<i>218</i>
<i>Graphique 35: évaluation de la charge mentale selon la Modalité.....</i>	<i>218</i>

Introduction générale

La recherche d'information sur le web a profondément évolué sous les effets conjugués de la dématérialisation des contenus, de la généralisation de l'Internet à haut débit et des progrès considérables de l'équipement des foyers en ordinateurs, tablettes tactiles, téléphones multimédias... L'UIT (Union internationale des télécommunications), agence de l'ONU, recense 2,3 milliards de personnes soit plus d'un tiers de la population mondiale connectée à l'Internet en 2010. En France, on compte 48 millions d'internautes en décembre 2012. Les internautes passent en moyenne 27 heures par mois sur Internet. Ce sont les seniors (55 ans et plus, la tranche d'âge la plus importante en ce qui concerne l'utilisation d'Internet¹) qui passent le plus de temps sur Internet. Ils représentaient 11,6 millions de personnes internautes en décembre 2012. En dépit de cette progression des usages numériques, les seniors restent la tranche de population la moins impliquée par ceux-ci (la pénétration de ces pratiques chez les personnes âgées reste la plus basse au sein de la population). La fracture numérique est fortement présente dans cette catégorie de la population puisque les seniors ne sont que 22 % à être connectés (Fox, *Older Americans and the Internet*, 2004)². Depuis les deux dernières décennies, près de 8 seniors sur 10 ne sont toujours pas connectés. En France, seulement 17 % des seniors sont internautes contre 71 % pour l'ensemble de la population (Médiamétrie, 2011)³. Bien que ces chiffres montrent l'importance et la progression constante du numérique au quotidien, cette évolution semble avoir consacré néanmoins les écrans comme support privilégié de nos rapports avec le numérique. En effet, de nos jours, tout semble visualisable sur un écran et accessible par le biais d'Internet. Les documents sont manipulés via des intermédiaires graphiques tels que la fenêtre, l'icône, le menu et le curseur. Les documents peuvent être ouverts dans des fenêtres et réduits, chevauchés ou placés côte à côte. Cependant, face au nombre croissant de données numériques et face à la diversité des tâches que l'on doit réaliser avec l'ordinateur, leurs gestions représentent pour le moins encore une réelle problématique. Plusieurs études ont été réalisées dans le but d'offrir un moyen facile de transiter entre plusieurs documents dans l'espace d'information. A titre d'exemple, les travaux de Stuart POOK (2000) introduisant les interfaces zoomables peuvent être mentionnées. L'accès à l'information dans les espaces d'information de grande taille constituent une tâche primordiale pour de nombreuses applications. Toutefois, la visualisation que propose la plupart des systèmes posent souvent des problèmes de désorientation, les

¹ <http://www.netpublic.fr/2013/03/les-francais-et-le-numerique-25-chiffres-cles/>

² Fox, S., 2004, *Older Americans and the internet*: PEW INTERNET & AMERICAN LIFE PROJECT, [http:\(...\)](http://...)

³ Médiamétrie - L'Observatoire des usages Internet et Baromètre Internet – 2ème trimestre 2011([...\)](http://...)

utilisateurs ayant fréquemment des difficultés à trouver l'information pertinente ou bien à se localiser ou se repérer. Le premier type d'aide présentée est une vue « en profondeur » de l'espace d'information via une représentation hiérarchique qui permet d'une part de faciliter la localisation de la position courante et des informations recherchées mais d'autre part d'accélérer la recherche d'information. Le second type d'aide présenté repose sur une succession de vues interactives à la fois transparentes et temporaires que les utilisateurs peuvent contrôler en un seul geste. Ces vues interactives se superposent à la vue courante en y rajoutant des informations contextuelles ou historiques qui aident l'utilisateur à comprendre quel chemin a été effectué pour arriver à un point. Ces types d'aides permettent de visualiser un espace de travail « en profondeur » différent de celui offert par une interface graphique traditionnelle. Tous les documents peuvent être consultés pour qu'ils apparaissent ensemble dans l'écran et, inversement, on peut zoomer sur les zones de cet espace sur lesquelles on souhaite travailler. L'étude présentée ici vise à mesurer les effets de ce type d'aide auprès de population jeunes et âgées dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Nous comparons les effets de deux modalités (Habituelle ou Normale *vs* Transparente ou Plan) d'un nouveau dispositif technique de navigation. Autrement dit, nous cherchons à savoir si ce dispositif peut améliorer la navigation tout en allégeant les ressources cognitives des utilisateurs.

1. Un nouveau dispositif technique de navigation dans les documents numériques

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une invention dans le domaine des périphériques pour ordinateurs et plus précisément celui des dispositifs de pointages manuels (les souris informatiques). Ces dispositifs de pointage permettent à l'utilisateur, grâce à un pointeur graphique, de pouvoir sélectionner des éléments graphiques (liens hypertextes, icônes...) de pouvoir également déclencher des actions comme par exemple lancer un programme, ouvrir une page web, fermer un fichier ou sélectionner un dossier.

1.1 Présentation du dispositif technique

Les souris informatiques sont constituées d'un boîtier sur lequel on trouve un, deux, voire plusieurs boutons d'interaction en fonction des différents modèles. Ces boutons permettent de générer diverses actions que nous avons pu citer précédemment. Toutefois, ce type de support provoque un certain nombre de difficultés quant à la gestion de la multitude d'informations à

laquelle les utilisateurs sont confrontés. En effet, la consultation de documents numériques pose de réels problèmes dans une tâche de recherche d'information. Sur le web par exemple, on peut observer la difficulté à trouver une information, à se déplacer ou se repérer dans le document, et surtout à se construire une représentation mentale de la structure du document (son volume par exemple). Au cours de sa recherche, l'utilisateur doit gérer une activité de navigation en sélectionnant des liens qui vont le conduire d'une page Web à une autre, d'un site Web à un autre. Cette navigation procure une certaine liberté d'exploration et permet à l'utilisateur d'organiser son parcours en fonction de ses besoins, mais celui-ci est soumis à des risques de digressions et de désorientation dans les sites (Conklin, 1987 ; Dillon, 2000 ; Gwizdka & Spence, 2007 ; McDonald & Stevenson, 1996). Retrouver le parcours effectué, une page dont on se souvient, est plus difficile du fait du caractère éphémère des pages.

La consultation d'un site web à partir de la page d'accueil ou d'une autre page se fait selon un mode appelé « essai – erreur ». L'utilisateur ouvre une page web pour s'apercevoir que l'information recherchée ne correspond pas à son besoin. Il ferme ainsi la page puis décide d'en ouvrir une autre. La présente invention a donc pour objet de pallier à ces inconvénients. L'idée principale est de proposer une nouvelle fonctionnalité de prévisualisation du contenu des documents numériques en créant un dispositif de pointage manuel spécifique. Ce nouveau dispositif permettra à l'utilisateur de pouvoir pré-visualiser directement une vue réduite des pages ciblées par les liens survolés. L'utilisateur pourra finalement consulter des informations sans être obligé à chaque fois de refermer une page pour en ouvrir une autre. On comprend que le fait de pouvoir, dans le cas d'une navigation internet, afficher une vue réduite d'un document, sans cliquer sur un bouton afin de choisir les pages pertinentes et de n'ouvrir que celles-ci, présente un confort sans précédent. On peut supposer que la navigation est beaucoup plus rapide et précise.

Ce dispositif technique innovant est une souris ergonomique qui comprend une partie mécanique, une partie logicielle (plug-ins pour Firefox et Internet Explorer) et une partie électronique incorporée à la souris. Une partie du corps de la souris est montée sur ressorts, tel un système comparable à des amortisseurs et peut donner accès à la cartographie d'un site web par une simple pression de la main (Figure 1). Un capteur de déplacement mesurant le niveau d'enfoncement vertical du corps principal est associé à un degré d'opacité permettant d'afficher via un jeu de transparence la structure de l'information d'un fichier ou d'un site web (Caro S., 2007, Dispositif de pointage pour ordinateur : souris cartographique). En effet,

l'enfoncement vertical du corps principal du dispositif de pointage manuel permet d'associer la fonction recherchée de prévisualisation à un mode d'interaction tactile différent de celui associé aux boutons à cliquer ou encore à la molette d'une souris. Ce comportement doit correspondre intuitivement à l'immersion dans un document et sa structure.



Figure1: maquette de la souris cartographique

Finalement, l'utilisateur peut finalement consulter des documents numériques sans être obligé à chaque fois de refermer une page pour en ouvrir une autre. Dès lors qu'il veut prendre connaissance de la structure du document, il exerce une pression de la main sur le corps de la souris. Un affichage analogue à un plan de site apparaît en transparence (Figure 2).



Figure 2: apparition en transparence de la structure du site

Avec un déplacement latéral de la souris, l'utilisateur peut survoler les différents liens pour consulter un aperçu de chaque page (figure 3).



Figure 3: apparition en transparence d'un aperçu d'une page lors du survol d'un lien(3 espaces, page, plan, prévisualisation)

S'il relâche la pression de la main, en maintenant le pointeur sur la prévisualisation, la page s'affiche dans son intégralité comme s'il avait navigué de manière classique en cliquant sur un lien (Figure 4).



Figure 4 : affichage de la page d'accueil lors du relâchement de la main (si le curseur n'est pas pointé sur une prévisualisation de page)

2. Plan et contenu de la thèse

Après avoir présenté globalement le dispositif breveté dans l'introduction générale, la thèse est structurée en quatre parties et comprend au total quatorze chapitres, une bibliographie et des annexes. La première partie expose les apports théoriques de la recherche d'information.

Elle est composée de quatre chapitres. Le chapitre 1 présente la complexité et les difficultés à cerner l'activité de recherche d'information malgré les nombreux travaux et modèles théoriques proposées. Même si plusieurs disciplines se sont intéressées à la recherche d'information tel que les Sciences de l'information et de la communication ou la psychologie cognitive, plusieurs paradigmes de la recherche d'information ont permis de mieux la cerner. Le chapitre 2 présente plusieurs modèles théoriques pour nous aider dans la compréhension de la recherche d'information. Nous cherchons à travers ces modèles à mieux cerner les processus cognitifs mis en œuvre dans la recherche d'information et surtout à mieux préciser la nature des représentations mentales. Le chapitre 3 précise l'importance de la prise en compte de l'utilisateur dans la recherche d'information. La recherche d'information est alors appréhendée comme un processus de transformation où l'utilisateur navigue dans un espace de recherche pour parvenir à la représentation de son but. Le chapitre 4 montre l'importance et l'intérêt de trois notions fondamentales, à savoir le besoin d'information, la pertinence de l'information et la tâche dans le cadre de la recherche d'information.

La seconde partie présente les principaux problèmes clés de la recherche d'information et comprend trois chapitres. Le chapitre 5 traite des capacités limitées de la mémoire humaine, et précise l'effet de la désorientation et de la surcharge cognitive que peut entraîner une quantité importante d'informations chez les utilisateurs. Le chapitre 6 recense les principales difficultés des utilisateurs à rechercher de l'information. Le chapitre 7 explique le rôle et les effets du vieillissement cognitif sur l'activité de recherche d'information.

La troisième partie composée de trois chapitres, présente la variation des modalités d'exécution procédurale de la recherche d'information. Le chapitre 8 retrace l'évolution du concept de document numérique en s'appuyant sur un travail de réflexion publié par un collectif d'auteurs. Le chapitre 9 présente un bref état des lieux sur les nouvelles modalités d'interaction et techniques de visualisation. Le chapitre 10 présente la problématique de recherche et le cadre général des expérimentations en précisant les différentes techniques et méthodologies utilisées.

La quatrième partie correspond à la contribution empirique. Elle est composée de quatre chapitres. Les chapitres 11, 12, 13, correspondent à quatre expériences réalisées avec des étudiants et des seniors, à qui nous avons demandé de rechercher un logement cible dans un site web d'agence immobilière spécialement conçue pour l'étude. Nous cherchons à travers ces expérimentations à tester le dispositif breveté. La première expérience exploratoire

examine l'effet de la modalité et de l'âge sur la recherche d'information. La seconde expérience analyse le parcours oculaire des sujets au cours d'une tâche de recherche d'information. La troisième expérience étudie les facteurs influençant la RI avec un dispositif d'interaction tactile. La quatrième expérience examine les facteurs influençant la RI avec un dispositif de pointage manuel (souris 3D, incluant des fonctions de navigation modifiées). Le chapitre 14 présente la synthèse globale de notre approche en présentant quelques contributions de ce travail puis les principales limites et perspectives de recherche envisagées.

**Première partie :
Apports théoriques de la recherche
d'information**

Chapitre 1 : Apport des Sciences de l'information et de la psychologie cognitive

1. Précisions terminologiques

Si la quantité d'information sur internet augmente de façon considérable, la surcharge ou l'excès d'information n'implique pas nécessairement un supplément de savoir. A l'ère des technologies de l'information, nous sommes loin de manquer d'informations mais encore faut-il trouver celle qui est pertinente. Les interrogations ne concernent donc plus l'existence de l'information mais l'accès à l'information pertinente dont l'utilisateur a besoin. Savoir rechercher rapidement et de manière efficace des informations sur le Web a toujours été une préoccupation pour l'utilisateur ou l'usager. Si les deux termes « utilisateur » et « usager » sont souvent utilisés de manière indifférente, le Coadic (1997) souligne qu'ils sont distincts. Dans le cadre de notre recherche, nous utiliserons le terme utilisateur qui peut être défini comme un individu qui recherche une information en interaction avec un système d'information.

De même, que la distinction entre « recherche d'information » et « recherche de l'information » doit être faite. La RI (abrégée RI ou IR pour *Information Retrieval* en anglais) est la discipline qui consiste à rechercher l'information dans le contenu des documents des différentes bases de données relationnelles ou sur des réseaux comme le Web, Internet, ou les Intranets. Le Vocabulaire de la documentation (ADBS, 2004) distingue la recherche d'information de la recherche de l'information : La recherche d'information est « l'ensemble des méthodes, procédures et techniques permettant, en fonction de critères de recherche propres à l'utilisateur, de sélectionner l'information dans un ou plusieurs fonds de documents plus ou moins structurés ». La recherche de l'information est « l'ensemble des méthodes, procédures et techniques ayant pour objet d'extraire d'un document ou d'un ensemble de documents les informations pertinentes ».

Marchionini (1995) appréhende la recherche d'information comme un processus d'acquisition de connaissance s'orientant vers une résolution de problèmes. Une distinction est faite entre le terme « recherche d'information » (*information seeking*) et « trouver de l'information » (*information retrieval*). Trouver implique que l'objet de la recherche est connu à un certain point. Le plus souvent, certaines personnes qui connaissent l'objet de la recherche, l'organisent et font en sorte de le trouver plus tard eux-mêmes ou de le faire faire par quelqu'un d'autre, tandis que rechercher suggère un processus d'acquisition de connaissance. Selon Rouet et Tricot (1998), l'expression « recherche d'information » a un sens psychologique qui ressemble à la définition proposée par Marchionini (1995). La RI se définit comme une activité

complexe qui sollicite les connaissances individuelles et la mémoire. Cette activité se caractérise par le traitement de l'information et fait appel à la compréhension et à la résolution de problème. Elle implique l'exécution d'un certain nombre d'opérations ou d'actions successives et s'apparente en cela à la résolution de problèmes (Tricot, 1998).

2. L'activité de recherche d'information

La recherche d'information sur un site internet est une activité de plus en plus courante (ex : rechercher une adresse, un logement, consulter un horaire de train, un itinéraire ou la position géographique d'un hôtel...). L'abondance d'informations sur le Web complique la tâche de l'utilisateur car l'accès à l'information souhaitée devient de plus en plus difficile. En effet, même si les informations recherchées par l'utilisateur sont présentes sur le Web, leur consultation représente une tâche pénible, parfois impossible à réaliser. Cette situation pourrait être due à des raisons structurelles car les informations disponibles croissent sur le web d'une façon exponentielle. Aussi, la variété des contenus des pages web, leurs formats et la diversité des informations sur le web sont des éléments qui rendent l'accès à l'information plus laborieux. La rapidité dans l'exécution du traitement et la pertinence de l'information sont deux paramètres importants qui doivent être pris en compte dans une activité de RI. Dès lors, on peut s'interroger sur la mise en œuvre des processus de cette activité. Comment un individu recherche-t-il une information ? Que fait-il lorsqu'il se trouve face à trop ou peu d'information... ? Quelle représentation mentale a-t-il du document qu'il consulte ?

Dans un système de recherche d'information (SRI) et pour accéder à un ensemble de documents, l'utilisateur doit opérer des choix afin de sélectionner les plus pertinents, c'est-à-dire ceux dont le contenu correspond le mieux à son besoin en information. La qualité des résultats de la recherche se mesure en comparant les réponses du système avec les réponses idéales que l'utilisateur espère recevoir. Plus les réponses du système correspondent à celles que l'utilisateur espère, plus le système est jugé performant. Afin d'améliorer sa recherche d'information, l'utilisateur doit s'appropriier les spécificités du SRI pour être en adéquation avec le but de sa recherche.

De nombreuses études dans le domaine de l'interaction Homme-Ordinateur (HCI : Human-Computer-Interaction), ont eu pour objectif d'améliorer les aides à la navigation sur Internet en modifiant, par exemple, certaines caractéristiques des interfaces et des moteurs de recherche, de manière à obtenir une plus grande efficacité et une satisfaction plus élevée des

utilisateurs. Certaines de ces études se sont intéressées aux facteurs influençant la recherche d'information : des expériences (Ihadjadene & Chaudiron, 2008), des caractéristiques individuelles (Xie & Joo, 2010; Ertzscheid et al. 2009), le contexte socioculturel (Bruillard & Fluckiger, 2010) et certaines caractéristiques des tâches de recherche (Kim J., 2008). Tandis que d'autres ont eu pour objectif de chercher à comprendre le processus de recherche d'information et de le décrire en vue de proposer des modèles de RI. Ces études centrées sur la modalisation décrivent la recherche comme un processus qui se compose de phases, étapes, états (Ellis, 1989 ; Marchionini, 1995 ; Lazonder, 2000 ; Fournier & Loisselle, 2009). Plusieurs actions, tactiques, stratégies de RI et parcours de navigation sont identifiés et catégorisés (Holscher & Strube, 2000 ; Walraven et al, 2009 ; Xie & Joo, 2010), permettant de mieux les décrire.

Toutefois, les aides à la navigation sont la plupart du temps conçues pour l'utilisateur idéal : la diversité et l'hétérogénéité des utilisateurs du web étant généralement peu prises en compte. Etudier les interactions qui s'établissent entre un système de recherche d'information et des utilisateurs fait intervenir de nombreuses disciplines : d'une part, l'ergonomie cognitive car elle interroge les interactions entre l'humain et la machine. Elle contribue notamment à dégager des modèles cognitifs liés à l'activité de recherche d'information, permettant ainsi d'optimiser les conditions de cette activité. D'autre part, la psychologie cognitive qui permet de mieux comprendre les processus mentaux sous-jacents. Mais aussi les Sciences de l'information et de la communication (SIC) qui proposent une approche centrée sur la transmission d'informations et s'intéressent aussi bien à l'interaction homme-machine qu'au processus psychique de la transmission de connaissances (avec la contribution des sciences cognitives). Les SIC ont surtout cherché à conceptualiser et rationaliser des processus de transmission entre êtres, machines, groupes ou entités. Chacune de ces disciplines contribue à apporter des éléments de réponses pour notre étude. Nos travaux se positionnent dans une perspective fortement pluridisciplinaire et bénéficient des apports de tout un ensemble de domaines de recherche. Notre approche, qui relève de la psycho-ergonomie cognitive, présente donc un point de vue dirigé. Elle se centre sur l'utilisateur et ses représentations des domaines qu'il interroge. En conséquence, ce travail s'inscrit dans un cadre de recherche situé au carrefour des domaines cognitifs et ergonomiques dans le champ de l'interaction homme – machine.

Rechercher une information dans un document numérique est une activité qui comporte un objectif et s'effectue par un traitement cognitif des informations présentées. Cette recherche nécessite la mise en œuvre parallèle d'activités mentales liées au traitement de l'information : la compréhension, l'évaluation, la sélection d'informations ; la planification, la régulation et le contrôle de l'activité, (Tricot, 1998). Réaliser ces activités mentales avec un support tel que le web rend la tâche particulièrement difficile, car le web est un système évolutif et peu homogène du point de vue de la nature et de la structuration des informations qu'il contient. Autant la consultation sur un site web est aisée et motivante, lorsqu'on se livre à une simple découverte du contenu en se laissant entraîner de liens en liens, autant elle peut s'avérer délicate lorsqu'il s'agit de rechercher une information précise (mode de présentation et organisation des informations). C'est pour cette raison que l'activité de RI est souvent considérée comme compliquée.

La notion de recherche d'information, en psychologie cognitive, diffère de celle que lui donnent habituellement les informaticiens. Dans notre étude, il s'agit non pas de décrire les propriétés d'algorithmes ou des programmes mais d'élucider l'ensemble des représentations et des processus cognitifs mis en œuvre pour mener à bien une activité de RI dans le contexte d'une tâche donnée. Il s'agit surtout de mieux cerner le fonctionnement des processus cognitifs de l'utilisateur, lorsqu'il recherche une information sur le web.

Quand un utilisateur recherche une information dans un document numérique, c'est un objectif précis qui guide sa recherche. Il ne cherche pas à retenir ou mémoriser l'ensemble du document, mais plutôt trouver l'information pertinente dont il a besoin. Il arrive que l'ensemble soit trop volumineux pour être traité de manière exhaustive. Il est même des cas, où l'information est difficile à trouver, alors il faut trouver les moyens pour y accéder. L'activité de recherche d'information dans un document numérique, entraîne des changements dans les comportements des utilisateurs. Plusieurs études ont pu être recensées dans ce domaine : certaines se sont focalisées sur la collection des documents susceptibles de répondre aux besoins en information des utilisateurs. Tandis que d'autres se sont concentrées sur les aspects connaissances et compréhension qu'ont les utilisateurs du système qu'ils explorent. Elles ont eu pour objectif de comprendre le processus de recherche d'information et de le décrire. Ces études peuvent être décomposée en deux catégories : celles sur les facteurs influençant la RI (les outils utilisés, les stratégies de recherche, la performance en RI...) et celles sur les comportements de recherche de l'utilisateur qui mettent l'accent sur

l'identification, la catégorisation des opérations, les actions, les parcours, les phases, et les étapes de la RI. Au-delà de ces travaux, ces études ont surtout cherché à modéliser la RI en analysant les résultats obtenus des comportements des utilisateurs.

D'autres études se sont portées sur la représentation des besoins en information, sur la longueur de la requête (Voorhees, 1996) ou la reformulation de la requête (Rocchio, 1971). Certaines se sont penchées sur :

- L'indexation : c'est-à-dire identifier l'information contenue dans tout texte et de le représenter au moyen d'ensembles appelés index pour permettre la comparaison entre la représentation d'un document et d'une requête.
- Les processus et les langages (techniques) d'indexation.

Plusieurs techniques ont été proposées : les listes de mots-clés présentent le problème d'ambiguïté (ambiguïté lorsqu'une phrase ou une expression possède plusieurs interprétations ou significations possibles) due à la polysémie (un même mot peut renvoyer à différents concepts); les thésaurus à l'inverse des réseaux sémantiques ne se limitent qu'à des liens définissant des relations lexicales entre les nœuds (Saint-Dizier *et al*, 1995), comme par exemple « Mesh » (liste normalisée de termes utilisée pour l'analyse documentaire dans le domaine médical) et « Wordnet » pour la langue anglaise (Miller, 1996). La représentation approximative, pauvre et partielle de contenu sémantique des documents à l'aide des techniques d'indexation (par mots-clés ou par thésaurus) a poussé à l'utilisation des formalismes de représentation de connaissances plus précis et plus riches d'expression. Parmi ces formalismes, les ontologies permettent de caractériser un domaine par un ensemble de concepts et de relations entre concepts (Hammache, A., Ahmed - Ouamer, R., 2008).

2.1 Une activité complexe à appréhender

La recherche d'information est une activité qui reste complexe en dépit des travaux qui ont été réalisés. De nombreux auteurs ont cherché à modéliser cette activité, afin de produire des outils techniques d'aide à la RI. Si dans un premier temps, les chercheurs ne voyaient dans la RI qu'une question d'adéquation entre une demande et une offre, les modèles ont depuis beaucoup évolué. Les difficultés de la recherche d'information ne peuvent être résolues simplement en créant des interfaces qui permettraient à l'utilisateur de poser une question au système d'information, à charge pour celui-ci de produire les documents pertinents. Désormais, les processus cognitifs de l'utilisateur sont au centre de nombreuses études. Même

si la recherche d'information a suscité un grand nombre de travaux, principalement dans les disciplines des sciences de l'information et des sciences cognitives, elle interroge aussi certains domaines tels que l'économie, les mathématiques et l'informatique entre autres. Les modèles issus de ces travaux ne mettent pas toutes en avant les mêmes dimensions : certaines relèvent des outils techniques, d'autres des utilisateurs. Cependant, certains modèles peuvent paraître pertinents, dans le sens où ils mettent à jour les mécanismes cognitifs dans le traitement de l'information. Le modèle cognitif développé par Rouet et Tricot (1998), où chacun des trois processus (Évaluation-Sélection-Traitement) représente un mécanisme cyclique, nous apporte un éclairage sur l'activité de la consultation d'information. L'intérêt du modèle est qu'il aborde la recherche d'information du point de vue des processus cognitifs mis en œuvre durant l'activité et qu'il reste centré sur l'utilisateur. Vu comme un processus cyclique, la RI entraîne une charge mentale dans les différentes étapes qui mènent de la formation d'un but au traitement de l'information. La construction du but est donc un processus dynamique à chaque instant de la consultation grâce aux choix effectués par l'utilisateur. Néanmoins, même si le modèle décrit les processus mis en œuvre et leur gestion durant la consultation d'un document : « il ne permet pas de prendre en considération les spécificités de chaque type de recherche. Par ailleurs, il intègre peu le contexte de l'activité. D'autre part, il est trop spécifique car il présuppose que, dans toute activité de recherche d'information, les buts à atteindre sont déjà constitués et identifiés. Qu'en est-il de l'utilisateur qui cherche des informations sur un sujet sans savoir à l'avance ce qu'il cherche ? Le modèle ne mentionne pas comment sont construits les objectifs » (Collard, A.S, 2009).

Toutefois, nous présenterons ici brièvement d'autres modèles issus des sciences de l'information et de la psychologie cognitive, tout en exposant les éléments ou les caractéristiques qui intéressent notre recherche.

3. Apport des sciences de l'information dans la compréhension de la RI

De nombreux champs disciplinaires se sont intéressés à l'activité de recherche d'information, mais c'est avec le développement du numérique que les travaux de recherches se sont multipliés. Les Sciences de l'information et de la communication ont été les premiers à s'intéresser à l'activité de recherche d'information, en proposant des modèles théoriques de comportement des utilisateurs. Toutefois, nous nous intéresserons à deux disciplines qui ont tenté de modéliser l'activité de RI : la psychologie cognitive et les sciences de l'information et

de la communication (SIC). La revue de la littérature met indéniablement en exergue des avancées dans le domaine de la RI. Les années 1960 à 1990 ont été marquées par l'apparition de trois approches majeures pour la recherche d'information : la RI orientée système, la RI orientée utilisateur et la RI orientée usages. Les SIC ont fait de la RI un thème de recherche très important (Wilson, 1994), qui a évolué en fonction des paradigmes successifs qui l'ont traversée.

3.1 Processus de recherche d'information : évolution des paradigmes

Un paradigme est un ensemble de postulats, de règles, de valeurs et de représentations qui fait l'objet d'un consensus à un moment donné dans une science donnée, permettant d'établir un modèle cohérent de représentation ainsi qu'un cadre théorique. La recherche d'information a fait l'objet de paradigmes successifs qui ont progressivement évolué, à mesure que les anciens révélaient leurs limites et leurs défauts et à mesure que les pratiques, les techniques, les environnements et les activités évoluaient (Le Coadic, 1997). Différents paradigmes de la recherche d'information se sont ainsi succédé, proposant plusieurs angles de représentation pour appréhender l'activité de recherche d'information. L'analyse de l'ensemble des travaux proposés par (Polity, 2000), retrace l'évolution de ces paradigmes des études principales sur la recherche d'information.

3.1.1 Le paradigme classique dit « orienté système »

Paradigme « Classique » car les concepts développés sont encore la base de l'enseignement universitaire dispensé dans la discipline. « Orienté système » car la réflexion porte bien sur le système technique et non pas, comme dans les paradigmes suivants, sur les aspects humains. Les premières études réalisées sur la recherche d'information portent donc sur les systèmes car on s'intéresse aux systèmes techniques et nullement aux aspects humains. Dans cette approche classique, le système de recherche d'information (SRI) doit permettre à des utilisateurs de repérer, à l'intérieur d'une grande collection de documents, celui ou ceux qui correspondent à leurs besoins d'information. Les travaux des chercheurs s'articulent donc autour du problème de la représentation du contenu des documents (l'indexation, qu'elle soit manuelle ou automatique), et autour du problème de l'appariement des termes, afin d'optimiser la recherche des documents. L'idée principale de ce paradigme est que l'amélioration des résultats d'une RI passe nécessairement par l'amélioration du système

d'information. Bien que la pensée dominante de ces recherches est que l'utilisateur doit s'adapter au système et apprendre à exprimer son besoin d'information sous forme de requêtes, elles ont notamment permis le développement des moteurs de recherche et des langages d'indexations.

Cependant, on peut souligner certaines limites de ce paradigme : Le SRI est envisagé comme un système purement mécanique, dont la performance est mesurée exclusivement à travers la « pertinence » des résultats. Cette pertinence est évaluée uniquement du point de vue du système, avec les notions de « taux de rappel » et de « taux de précision », ignorant le point de vue de l'utilisateur. « La pertinence système » est considérée comme une mesure de l'efficacité des systèmes d'information. Or un jugement de pertinence est subjectif, car à partir d'une question donnée, plusieurs utilisateurs jugeront les documents de manière différente. Dès lors, toutes les mesures d'efficacité réalisées peuvent paraître artificielles dans un contexte expérimental. Cette pertinence système ne peut donc être observée comme un indice de satisfaction.

3.1.2 Le paradigme cognitif « orienté utilisateur »

Dans les années 80, un autre courant de recherche s'intéresse davantage à l'utilisateur qu'aux systèmes. Les travaux réalisés durant cette période, tentent de considérer que le système d'information est un système de communication entre un producteur d'informations et un utilisateur (Thivant, 2001). Dans cette approche appelée « *human - driven approach* », les facteurs humains prennent une autre dimension et les chercheurs se tournent vers des disciplines telles que la psychologie cognitive et les sciences humaines. Ce courant a entraîné de nombreuses modifications dans la perception de la performance d'un SRI avec la prise en compte de l'utilisateur, de ses caractéristiques cognitives et de ses besoins informationnels. Le Coadic (1997) apporte son analyse sur la question. Il donne une définition sur les notions parfois imprécises d'usager, d'utilisateur, de client, de public, et présente les méthodes de conception et de réalisation d'une étude centrée sur l'usager, tout en distinguant clairement l'étude des usages et celle des usagers. Il s'interroge aussi sur les typologies d'usagers, obtenues à l'issue de ces études, typologies qu'il trouve peu satisfaisantes et dont il donne quelques exemples : celles basées sur l'expérience de l'usager (expert/naïf, régulier/irrégulier, spécialiste/tout-venant), celles basées sur les socio-styles (les brouteurs/les butineurs/les

dévoreurs ou les conformes/les démonstrateurs/les spectateurs), celles enfin basées sur la mesure de l'usage.

Deux principaux courants de recherche ont émergé de ce paradigme :

Un premier courant qui s'intéresse aux modalités d'accès à l'information du point de vue utilisateur. La recherche d'information est un moyen en vue d'accéder à des informations. L'utilisateur est dans cette perspective un chercheur d'information en interaction avec un système d'information. Cette approche a ainsi entraîné des améliorations incontestables, notamment dans le domaine des interfaces, de l'étendue de leurs possibilités et de leur convivialité : (connexion, sélection de données ou de requêtes). Les modes de consultation ont pu être simplifiés, s'appuyant sur le principe de remplissage de formulaires, ou encore sur le principe de type menu.

Le second courant s'intéresse à la recherche documentaire et aux interactions entre l'utilisateur et l'ordinateur. Il s'agit de mieux comprendre les aspects liés aux interactions entre un utilisateur et une machine et ce, à travers les phases d'expression des besoins, de perception de l'information et de définition de la pertinence. Ce courant de recherche a mis l'utilisateur au centre du processus de recherche d'information. Il s'agit de fournir un modèle plus global et plus cohérent des différents éléments du SRI, prenant en compte aussi bien l'analyse de l'utilisateur du système de recherche d'information et son environnement, que les objets informationnels (bases de données, sources d'information, etc.). Cette approche holistique s'explique par la volonté de construire une théorie unifiée de la recherche d'information. Elle se construit à partir d'un certain nombre de considérations nouvelles, insistant sur le rôle du contexte, de l'émotion, de l'incertitude et des interactions dans l'élaboration des processus cognitifs. Plusieurs auteurs ont proposé des modèles s'inspirant de cette approche parmi lesquels (Kuhlthau, 1993), (Saracevic, 1996) et (Wilson, 1999). Le point commun de ces différentes approches est de proposer une modélisation du comportement des utilisateurs. Dans ces approches, la recherche d'information est souvent présentée sous forme de processus cognitifs incluant plusieurs étapes avec différentes actions.

Dans notre étude, nous ne prétendons pas être exhaustifs ni présenter ces modèles en détail, mais souhaitons donner des exemples significatifs de la diversité du paradigme en soulignant les éléments qui les caractérisent. Les travaux les plus aboutis sont ceux de Kuhlthau (1993) qui voit la recherche d'information comme un processus de construction du sens fait par un individu activement impliqué. C'est ce qu'elle appelle le « *constructive process* ». Ce

processus doit être examiné du point de vue de celui qui, en tant qu'individu veut s'informer. L'auteur rejette les approches « système » qui voient dans la recherche d'information, le moyen de localiser de l'information en tant qu'objet dans une collection de bibliothèque. Selon Kuhlthau, l'information n'est pas vue comme quelque chose d'externe et d'objectif mais comme quelque chose qui est construit et interprété constamment par l'utilisateur à différents moments et en différents lieux. L'auteur propose un modèle qui décrit le processus de recherche en six étapes (initiation, sélection d'un thème, identification, exploration, formulation, collection, présentation). Le déroulement de ce processus n'est pas toujours linéaire. L'utilisateur peut remettre en cause chacune de ces étapes et se voit relancé à nouveau dans le processus de RI. Le modèle est surtout fondé sur le principe de l'incertitude : le processus de recherche d'information est enclenché par un état d'incertitude dû à un manque de compréhension, à un sens inexpliqué. Les utilisateurs ont des attentes différentes mais surtout leurs comportements, leurs perceptions de la difficulté de recherche et leurs états évoluent durant le processus de recherche. Le modèle permet d'identifier les associations étapes / processus et tente de comprendre les aspects psychologiques qui pourraient expliquer le comportement des utilisateurs. Le modèle de Kuhlthau innove en insérant les émotions dans le processus informationnel mais il ne décrit qu'une recherche d'information réussie.

Dans le cadre de ses recherches, T. Saracevic (1996) propose une vision plus globale du processus de recherche d'information : un modèle d'interaction stratifié de recherche d'information « *stratified interaction model* ». L'intérêt de ce modèle est de mettre en avant, aussi bien l'aspect technique que l'aspect humain et la capacité d'interaction et d'adaptation entre les deux. Selon lui, les chercheurs en sciences de l'information doivent considérer l'information, comme un message traité d'un point de vue cognitif par un usager dans un contexte donné. L'auteur considère le contexte réel de l'activité des usagers dans sa dynamique et sa complexité, sans faire l'impasse sur l'impact des opérations de traitements de l'information (indexation, classification) et des modes d'appariements utilisés. Son modèle comprend plusieurs composantes dans un processus de RI :

- La composante situationnelle qui fournit les informations liées aux contextes d'usages
- La composante affective/intentionnelle qui englobe l'étude des croyances et les motivations des usagers
- La composante cognitive liée à la représentation des connaissances que peuvent avoir les usagers

- La composante requête qui correspond aux caractéristiques des questions de l'utilisateur
- La composante interface / machine
- La composante du système de recherche (puissance, mémoire...)
- La composante logicielle (composante du système de recherche)
- La composante fond, documents (structure et caractéristiques de la base documentaire).

Les 4 premières composantes sont impliquées dans la dimension usager et les 4 dernières dans la dimension système. L'interaction entre les 2 dimensions se fait entre chaque étape. Cette conception de la recherche d'information peut s'expliquer par le fait que, l'auteur envisage le processus de RI comme une pertinence dynamique. Une pertinence qui dépend de chaque composante et de chaque élément le constituant :

- La pertinence situationnelle qui correspond aux liens entre la tâche et les informations proposées par le système d'information
- La pertinence affective qui réunit les intentions et motivations de l'utilisateur et des documents
- La pertinence cognitive qui correspond à l'adéquation d'une information aux besoins en information de l'utilisateur.
- un « système de pertinence » qui détermine le déroulement du processus de RI.

Dans une autre approche, la RI est perçue comme une activité et un comportement informationnel (*information behavior*). Wilson (1996), met l'accent sur la distinction entre l'« *information seeking* » et l'« *information searching* ». Le processus de RI est placé dans un cadre plus général du comportement communicationnel (Figure 5). La recherche d'information s'apparente à un processus par étapes. En effet, il propose un modèle général du comportement informationnel qui s'appuie sur trois éléments :

- Le besoin d'information et ses origines, c'est-à-dire les facteurs qui ont conduit à la perception du besoin par l'individu.
- Les facteurs qui déterminent la réponse de l'individu en réaction à la perception du besoin.
- Les processus qui sont impliqués par cette réponse.

Le modèle de Wilson présente l'intérêt d'appréhender l'utilisateur en situation de recherche d'information de manière beaucoup plus globale, et pose notamment les questions de la décision de lancer une stratégie de recherche, et du choix des sources d'information qui sont

des questions essentielles « en amont » de la procédure de recherche elle-même. Le besoin d'information est un élément fondamental dans son analyse car il prend naissance dans un environnement. Il est relié à d'autres besoins basiques tel que les besoins psychologiques, cognitifs ou affectifs. L'environnement constitue le contexte (personnel, social...) des besoins informationnels de l'utilisateur.

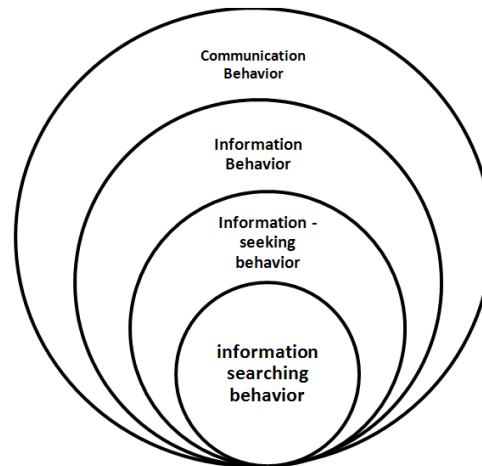


Figure 5: processus de recherche d'information (Wilson, 1999)

L'approche de Wilson montre une vision complexe du processus de RI. Selon l'auteur, lors de sa recherche d'information, l'utilisateur est situé dans un contexte particulier. Son besoin d'information est un mécanisme d'action (*activating mechanism*) qui l'engage dans un processus de recherche d'information. Diverses sources d'information motivent sa démarche. Wilson justifie cette idée par la théorie de stress (*coping theory*), qui offre la possibilité d'expliquer pourquoi certains besoins en information n'impliquent pas nécessairement la mise en place d'une stratégie de recherche effective.

3.1.3 Le paradigme « orienté usages »

Face à l'essor du web et de ses nouvelles problématiques, les années 90 permettent de préciser les notions d'usages et d'utilisateur. Pour S. Chaudiron et M. Ihadjadene, (2002), « le paradigme usager considère que l'attention doit être portée sur les besoins réels de l'utilisateur et son environnement ». (...). Les travaux de recherche s'orientent vers une vision plus large et plus conséquente de l'utilisateur dans le processus d'accès à l'information. L'intérêt est porté sur l'utilisation qui est faite des savoirs emmagasinés. Les stratégies de RI selon l'approche « orientée système » ont évolué vers de nouveaux modèles théoriques d'interprétation de

l'information (requête ou document) et de la pertinence usager. Les recherches issues de ce paradigme tentent de produire des modèles plus généraux sur le comportement des individus. L'information est vue comme un processus d'interprétation cognitive propre à un individu ou un groupe. L'idée principale de ce paradigme est que l'activité dans laquelle les individus sont engagés, contraint fortement le processus informationnel.

Plus récemment, un nouveau courant de recherche évolue vers le paradigme activité ou paradigme acteur (Thivant & Bouzidi, 2005) qui montre que celui qui se trouve dans l'action et qui agit doit être au centre de l'analyse. L'utilisateur est considéré comme un acteur qui, pour agir dans le cadre de son activité, fait appel à des systèmes d'information. Le principal postulat est que les actions de RI sont fortement contraintes par les activités professionnelles dans lesquelles elles s'inscrivent. Les travaux menés en sciences de l'information permettent de prendre en compte les situations dans lesquelles s'inscrivent les problématiques informationnelles.

En résumé, les démarches issues de l'ensemble des paradigmes que nous venons de présenter, reposent sur une analyse descriptive des comportements des utilisateurs, se limitant à l'identification des relations entre les étapes et le processus de recherche et leur correspondance avec les stratégies de RI. Même si les recherches issues des Sciences de l'Information et de la Communication permettent de décrire le comportement d'un usager en situation de recherche d'information dans un environnement numérique, elles ne permettent pas d'expliquer ou de nous éclairer sur les processus cognitifs mis en œuvre. Les études recensées en psychologie cognitive se sont intéressées aux comportements des individus recherchant de l'information et elles ont surtout cherché à expliquer les processus mentaux sous-jacents des utilisateurs.

3.1.4 Observer et comprendre la recherche d'information dans une démarche expérimentale

A la lumière de ces paradigmes, l'observation et la compréhension d'une tâche dans le cadre d'une recherche d'information nécessite de prendre en compte toutes les dimensions de celle-ci et tous les éléments qui la composent : le système de recherche d'information mais aussi l'utilisateur, ses états cognitifs et affectifs, l'objectif de sa recherche, le contexte de celle-ci, et la façon dont elle s'insère dans un ensemble d'activités informationnelles. Les informations susceptibles d'être perçues par l'utilisateur sont parfois trop nombreuses car la capacité à traiter les informations qui se présentent à lui est limitée sur un plan cognitif. Il est donc

amené à élaborer et mettre en œuvre des stratégies discriminant les éléments utiles, parmi le flux des informations. Ces informations qu'il prélève pour être traitées, traduisent l'importance qu'il accorde à leur degré de pertinence par rapport à son but de recherche. Toutefois, il peut choisir d'en ignorer certaines, de les percevoir en leur accordant une attention momentanée, de les mémoriser soigneusement ou de les intégrer à ses connaissances. Ces processus sont souvent complexes à analyser et requièrent une démarche rigoureuse. Etudier l'activité cognitive d'un utilisateur en manipulant et en contrôlant des facteurs permet de comprendre comment il interagit avec l'interface. Dans le cadre de notre étude, nous avons eu recours à la démarche expérimentale. L'intérêt de la méthode expérimentale est de pouvoir mesurer un phénomène précis en faisant varier des facteurs dans une situation particulière. Il ne s'agit pas de rendre compte de la situation et de sa complexité mais d'expérimenter c'est-à-dire de créer des sources de variation et d'en mesurer les effets. Cette démarche permet ainsi d'expliquer les différences observées entre les groupes de participants au niveau des mesures et de tester, l'effet (l'impact) d'une ou plusieurs variable(s) indépendante(s) (VI) sur une ou plusieurs mesure(s) ou variable(s) dépendante(s) (VD). Il s'agit donc de faire varier un facteur ou une combinaison de facteurs et d'observer, de mesurer les conséquences de cette variation sur les comportements, les processus mentaux des individus. C'est cette approche que nous avons privilégié dans le cadre de notre étude et qui nous a semblé la plus pertinente pour évaluer notre dispositif technique. Décrire et expliquer les processus cognitifs dans ce cadre nécessite de bien appréhender les modèles mentaux ainsi que les interactions qui en découlent à différents niveaux. Dans le chapitre suivant, nous examinerons plusieurs travaux de modélisations de l'activité de recherche d'information issues des sciences de l'information et de la communication et de la psychologie cognitive. Ces modèles ont pour objet de mieux comprendre les processus cognitifs dans la recherche d'information.

Chapitre 2 : Modélisation cognitive de la recherche d'information

1. Apport de la psychologie cognitive dans la compréhension de la RI

La recherche d'information met en jeu chez l'utilisateur toute une série de processus cognitifs (lecture, résolution de problème, savoirs procéduraux, savoirs déclaratifs...). En vue d'exposer le plus clairement possible ces processus cognitifs, certains chercheurs spécialisés dans le domaine de la psychologie cognitive ont proposés des modèles censés rendre compte de ce qui se passe concrètement afin d'en tirer des hypothèses sur l'origine des actes perceptibles. Bon nombre de travaux en psychologie cognitive sur le thème de la RI ont permis de mieux cerner les activités mentales. Les modèles développés dans cette approche partagent le point de vue selon lequel lors de la RI, les utilisateurs ont un but initial de recherche qu'ils tentent d'atteindre en réalisant une succession d'actions et d'opérations. Les modèles suivants que nous présenterons, ont pour objet de mieux comprendre les processus cognitifs durant la recherche d'information. Guthrie (1988) a été un des premiers à proposer une modélisation cognitive de la RI. Bien qu'ayant été révisée depuis, cette visualisation du processus de recherche a servi de base pour beaucoup de chercheurs. La thèse de Guthrie a été la base de recherche de nombreux modèles de représentation de l'activité cognitive de recherche d'information.

2. Le modèle de Guthrie (1988)

Son modèle est constitué de 5 étapes :

- Formation d'un but cognitif : dès le début de la recherche, l'utilisateur élabore une représentation de l'objectif qu'il cherche à atteindre,
- Sélection de catégories : l'utilisateur sélectionne une catégorie d'information en rapport avec son but de recherche,
- L'extraction d'informations : l'utilisateur extrait et traite l'information de la catégorie qui lui est utile pour satisfaire son but et pour répondre à la question qu'il se pose. Si l'information qu'il traite se révèle être non pertinente, il rejette la catégorie pour en sélectionner une autre,
- L'intégration : l'information extraite est intégrée à la représentation du but et aux informations préalablement obtenues,
- Le « recyclage » : l'utilisateur peut reprendre les 4 premières étapes si l'information ne correspond pas à son but de recherche, ce qui constitue un cycle.

Ce modèle propose une vision assez large de l'activité de RI. Il présente l'avantage de prendre en compte la sélection, la compréhension et la gestion du but. Il permet de comprendre les principaux enjeux cognitifs de la RI, son déroulement et les conditions nécessaires de sa réalisation. Toutefois, il ne prend pas en considération la tâche principale car il se réduit à des tâches de localisation et d'extraction, sans appréhender de manière analytique les modalités cognitives de celles-ci. Il n'y a pas de distinction entre la représentation de la tâche principale qui est la raison de l'activité de recherche (apprendre, réaliser une tâche, etc.), et la représentation de la tâche secondaire qui est la RI elle-même. Cependant, on peut s'interroger sur les implications et les conditions cognitives de ce modèle. Quelles sont les implications cognitives de l'extraction des informations ? Quels sont les conditions cognitives de la formation d'un but de recherche ? Comment les connaissances structurelles et procédurales participent-elles à la mise en œuvre d'une RI ? Même si ce modèle a été depuis critiqué, il reste encore largement accepté.

D'autres chercheurs plutôt que d'apporter une vision globale de l'activité de RI, ont proposé une approche différente orientée psycho-ergonomie, dans le sens où l'aspect descriptif des composantes de l'activité de recherche a été privilégié au détriment d'autres aspects de la RI. C'est le cas du modèle Dillon désigné « cadre TIMS ».

3. Le modèle TIMS de Dillon (1994,1996)

Ce modèle décrit les composantes d'une recherche d'information par niveau d'expertise. Chaque niveau du modèle correspond à un type d'habileté différent : la gestion de la tâche, la représentation mentale du document, les habiletés à manipuler le système d'information (exemple : l'habileté à naviguer dans un site et même dans une page affichée à l'écran.). Par exemple, un utilisateur pourra réussir à lire un texte (activité de lecture) mais avoir des difficultés à gérer la tâche de recherche (gestion de la tâche).

Les quatre composantes du modèle sont :

- La gestion de la tâche (*Task model*) : il s'agit de former un but de recherche et d'opérer des choix durant le traitement de l'information. Au cours de la RI, le but peut évoluer.
- Le modèle d'information (*Information model*) : l'utilisateur a déjà une représentation mentale concernant la structure du document. En fonction de la structure, le travail cognitif sera différent.

- Les habiletés à manipuler le système d'information (*Manipulation facilities and Skills*) : l'utilisateur doit manipuler physiquement le support d'information. Pour un livre (tenir deux pages en même temps), sur internet, (l'habileté à naviguer dans un site et même dans une page affichée à l'écran).
- L'activité de lecture (*Standard Reading Processor*) : il s'agit des compétences utiles lors d'une activité de lecture (comprendre des mots, être capable d'extraire de l'information à partir d'un texte construit).

Toutes ces composantes sont en interaction et ce, dans un contexte précis. Le passage de l'une à l'autre ne suit pas un ordre défini et peut s'effectuer assez rapidement en fonction de la recherche. D'après Dillon, les liens entre chaque composante coexistent bien plus qu'ils ne se suivent.

D'autres modèles suggèrent que les systèmes d'information devraient être adaptés à la variété des connaissances des utilisateurs pour correspondre au mieux aux représentations multiples des besoins d'information. Le modèle d'Ingwersen se concentre sur l'identification des processus de cognition qui peuvent apparaître dans tous les éléments d'informations.

4. Le modèle d'Ingwersen (1996)

La particularité du modèle Ingwersen est qu'il présente les « structures cognitives » et les variations dans le processus de recherche d'information. Le besoin d'information et les états cognitifs de l'utilisateur sont variables durant le processus de RI. Il identifie plusieurs espaces : l'espace cognitif de l'utilisateur, l'environnement social, le fonds informationnel et le système lui-même (Figure 6). Il souligne les relations d'influence qui existent entre les différents éléments du schéma et montre que chacun d'entre eux peut modifier l'état cognitif de l'espace qui lui est associé. Le modèle met ainsi en évidence que les usagers ont une représentation de leurs besoins, du fonds informationnel et du système. L'auteur développe une théorie de la « poly représentation » du besoin d'information. Il propose un processus d'extraction « poly-représentative » pour l'obtention d'informations reposant sur les questions suivantes : « Qu'est-ce que l'utilisateur connaît du domaine lié au thème de la recherche au moment où il formule son besoin informationnel ? » (Pour mieux comprendre la familiarité de l'utilisateur avec le domaine). « Pourquoi l'utilisateur cherche-t-il des informations ? », (pour découvrir le contexte du besoin) ex : écriture d'un article, chercher un cadeau, planifier un voyage, etc.).

La poly représentation du besoin d'information serait une approche utile pour représenter le besoin de l'utilisateur. Belkin, Cool, Croft et Callan (1993) en examinent l'impact sur la RI et montrent que la variété des représentations conduit en effet à de meilleures performances. Leurs résultats suggèrent que la production par les utilisateurs de représentations variées du besoin informationnel conduit à l'augmentation des performances de recherche (vitesse de recherche par exemple). L'intérêt de ce modèle (Figure 6) est qu'il propose une vision globale des différents éléments impliqués dans la recherche d'information. Il montre que le processus est dynamique. La force du modèle est également d'intégrer les structures cognitives propres à l'utilisateur en proposant ainsi une théorie de la « poly représentation » de ces différents éléments.

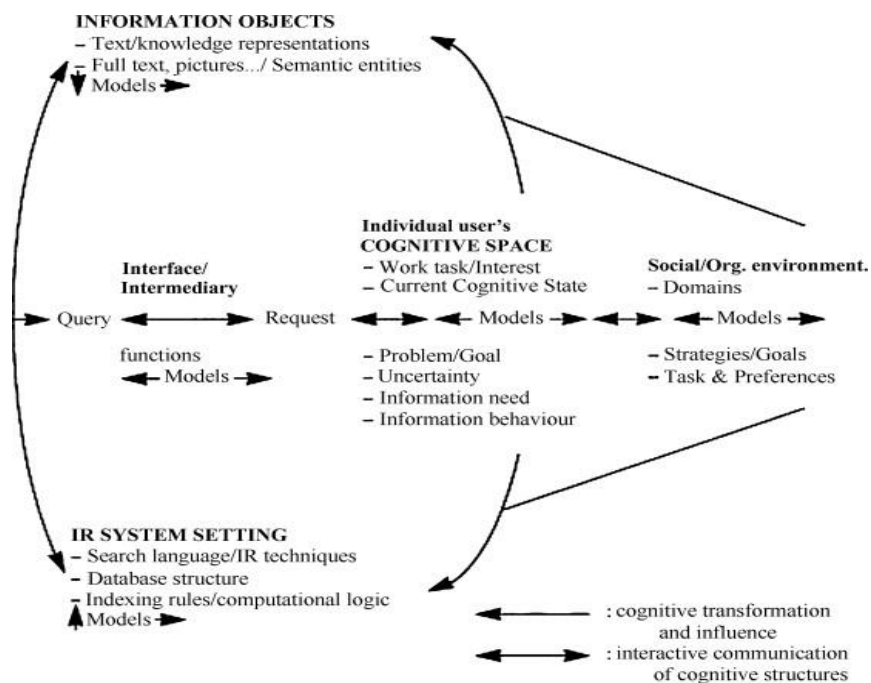


Figure 6: modèle de P. Ingwersen (1996)

D'autres chercheurs pensent que les systèmes informatiques changent les habiletés et les stratégies des utilisateurs. Marchionini propose un modèle centré sur l'activité des utilisateurs de systèmes informatiques pour rechercher de l'information.

5. Le modèle de Marchionini (1995)

Selon lui, la recherche et le traitement de l'information dépendent de l'interaction entre plusieurs facteurs : l'utilisateur, la tâche, l'environnement informatique, le domaine de

recherche, le contexte et le résultat de la recherche. L'utilisateur est placé au centre du processus de recherche et il se sert de ces facteurs pour faire évoluer sa recherche d'information. Durant sa recherche et en vue d'exécuter une tâche, il est guidé par un besoin d'information. La tâche est représentée par le contexte physique et situationnel de la recherche d'information. L'environnement informatique correspond à la source de l'information. Le domaine de recherche représente les champs de connaissance, dans lesquels l'utilisateur va réaliser sa tâche de recherche. Les résultats indiquent les traces de tout le processus de recherche qu'il effectue. L'utilisateur doit évaluer les résultats de sa recherche en fonction du but, il doit décider si sa recherche se poursuit ou prend fin. Selon l'auteur, le modèle correspond à un processus linéaire qui évolue en fonction des résultats intermédiaires obtenus à partir de trois processus. Le premier processus qui regroupe principalement les stratégies ou activités mentales de l'utilisateur. Le deuxième et le troisième processus concernent des stratégies ou activités comportementales. Ces trois processus dépendent souvent des habiletés et de l'expérience de l'utilisateur. La recherche évolue ainsi selon les buts de la tâche et des évaluations pertinentes des résultats de recherche.

6. Le modèle d'Eisenberg et Johnson (1996)

Le modèle d'Eisenberg et Johnson (1996) représente un cheminement qui repose sur la résolution de problèmes informationnels. Il comprend 6 étapes et 12 sous étapes de recherche de l'information. La première étape de ce modèle est celle où l'utilisateur définit un problème de recherche, et identifie l'information à trouver pour accomplir une tâche. La deuxième étape décrit des stratégies de recherche d'information, où l'utilisateur doit se servir de ses connaissances et ses habiletés pour accomplir la tâche. La troisième étape est celle où l'utilisateur doit localiser les sources, et trouver l'information dans ces sources. La quatrième étape est celle où l'utilisateur doit traiter l'information, et retenir celle qui est pertinente. La cinquième étape est celle où l'utilisateur organise et présente l'information trouvée dans de multiples sources. La sixième étape est celle de l'évaluation où l'utilisateur évalue le processus.

L'ensemble de ces modèles linéaires que nous venons d'évoquer, décrivent un processus de recherche avec différentes étapes, et peuvent s'adresser à différents groupe d'apprenants de tout âge. Ils s'intéressent principalement à la perspective d'une recherche d'information comme une communication entre des utilisateurs dans les environnements informatiques. Ils

sont souvent très généraux. Toutefois, ils ne prennent pas réellement en comptes les besoins fondamentaux des utilisateurs et les contraintes spécifiques à une tâche. En revanche, d'autres modèles cycliques de la recherche d'information sont fondés sur une approche psychologique centrée sur le comportement réel des utilisateurs. Cette approche tient compte des caractéristiques de l'être humain, ainsi que des retours potentiels à différentes étapes du processus de recherche. Dans la section suivante, nous présentons le modèle EST (Evaluation-Sélection-Traitement) développé par Rouet et Tricot(1998).

7. Le modèle EST de Rouet et Tricot (1998)

Le modèle s'inscrit dans le courant de recherche qui envisage la RI comme une activité cyclique, mais, à la différence du modèle de Guthrie, il appréhende les activités cognitives fondamentales impliquées dans la RI. Les auteurs proposent en effet un modèle cyclique de la RI qui s'appuie sur les théories de la mémoire, sur la compréhension de textes et sur la résolution de problèmes. Dans cette perspective, la recherche d'information n'est donc pas envisagée comme un processus linéaire dans la mesure où l'utilisateur prend des décisions en fonction des réponses apportées par le système. Son action n'est pas entièrement déterminée par anticipation (Lebahar, 1983) mais dépend du déroulement de l'activité en cours d'exécution, et des réponses que lui donne le système. Les auteurs considèrent ainsi que la RI est une activité qui fait appel aux connaissances individuelles et donc à la mémoire. Elle implique un traitement d'informations et une série d'opérations mentales faisant appel le plus souvent à la compréhension. Elle entraîne l'exécution d'un certain nombre d'actions successives, visant à transformer la situation d'un état initial vers un but et s'apparente ainsi à la résolution de problèmes.

S'appuyant sur leurs travaux antérieurs, les auteurs mettent en évidence la nature cyclique de la RI et le caractère hiérarchisé de cette activité, qui met en œuvre des mécanismes d'exécution et de gestion bien distincts les uns des autres. Ils proposent un modèle dans lequel, chaque étape se décompose en plusieurs composantes spécifiques. Le modèle Évaluation, Sélection, Traitement (Figure 7) décrit donc un processus de RI comme une activité cyclique comprenant deux niveaux : le premier niveau décrit les processus élémentaires que sont l'évaluation, le traitement et la sélection et le second niveau décrit des processus qui supervisent les processus élémentaires : la planification, le contrôle et la régulation. La figure 7 présente le modèle de Rouet & Tricot :

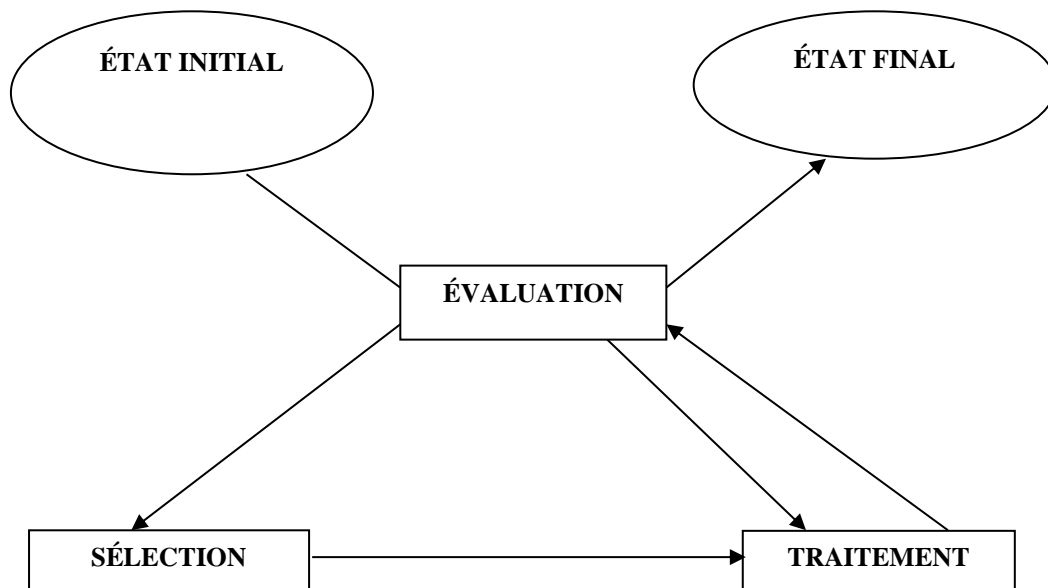


Figure 7 : modèle EST (Rouet & Tricot, 1998)

Dans ce modèle, la phase Évaluation intervient en début de cycle et permet à l'utilisateur de construire une représentation de la tâche à exécuter, en identifiant les informations qui lui manquent pour réaliser la tâche. Durant la RI et à la lecture de l'énoncé, l'utilisateur se construit une représentation du but et identifie ainsi les informations requises pour effectuer la tâche. Dans ce même temps, il compare les informations disponibles dans sa mémoire à long terme, avec la représentation du but qu'il s'est construit. Et c'est à partir de cet instant, qu'il commence sa recherche. Ce processus d'évaluation se poursuit tout au long de sa recherche, car il évalue à chaque fois en quoi l'information qu'il vient de percevoir, correspond à la tâche demandée. Une des caractéristiques particulières de ce processus d'évaluation est le fait qu'il doit à la fois maintenir en mémoire une structure du but cohérente, et à la fois la faire évoluer en fonction des informations qu'il a trouvé. En conséquence, cela peut provoquer une surcharge cognitive de la mémoire de travail (MdT) et un oubli de la question initiale.

La phase de sélection peut se résumer à la décision de traiter une information plutôt qu'une autre. Sélectionner, c'est évaluer la pertinence de l'information visible par rapport à la question posée, par rapport au but initial. Dans une même recherche, il y a plusieurs sélections à effectuer, elles ne sont pas indépendantes entre elles. Chaque nouvelle sélection tient compte de l'information déjà apportée par la précédente, en vue de l'accomplissement du but initial. Le processus de sélection est complexe car il requiert l'activation en mémoire à la fois de la représentation de but, de la représentation des informations déjà sélectionnées, et enfin de l'information visible à l'instant T. Il permet de prendre la décision d'examiner une

catégorie d'information, comme plus pertinente et plus adaptée par rapport aux autres catégories possibles.

La phase de Traitement permet à l'utilisateur de traiter les informations sélectionnées par rapport au but à atteindre. La mise en œuvre de cette phase nécessite l'activation de la représentation du but, des informations déjà sélectionnées et des informations disponibles. Le traitement de l'information conduit à l'élaboration d'une représentation du sens des informations sélectionnées, et à l'intégration de ces informations à celles précédemment extraites (Tricot, 1994). En outre, comme le suggèrent les auteurs, l'utilisateur désactive en mémoire de travail les produits du module évaluation, pour permettre le traitement des informations en vue de leur compréhension. C'est-à-dire qu'il rend sa MdT disponible, et désactive momentanément la représentation du but, et l'information acquise au cours de sa recherche.

Le deuxième niveau du modèle décrit les étapes qui gèrent les processus élémentaires : la planification, le contrôle et la régulation. L'utilisateur planifie sa recherche en déterminant une stratégie pour atteindre l'information pertinente. Il vérifie la bonne adéquation des résultats issus de ses sélections et régule sa représentation du but et sa stratégie de recherche, au cas où le résultat ne serait pas satisfaisant. Selon les auteurs, les processus élémentaires sont les modules de base de la RI et leurs exécutions se déroulent de façon séquentielle : « chaque module passe un certain nombre de paramètres au module suivant ». En d'autres termes, ces modules sont des activités mentales qui se situent en aval du traitement des informations et en amont de la prise de décision. Ils intègrent des informations d'origines diverses (informations sur la situation, connaissances relationnelles entre les informations et connaissances procédurales et informations sur la tâche) et participent effectivement à l'élaboration de la décision. Chacune de ces activités mentales repose sur le traitement de l'information, et permet l'élaboration et la transformation des représentations.

Si les sciences de l'information concentrent leur attention sur la prise en compte des situations d'information au détriment de l'analyse explicative des conduites humaines, les travaux en psychologie cognitive testent la plupart du temps la validité des modèles dans leur globalité. Les travaux issus de la psychologie cognitive fournissent un cadre d'analyse du comportement de recherche d'information intéressant. Nous tenterons dans les expériences suivantes (Partie 4) de mettre à l'épreuve ce modèle et d'examiner la mise en œuvre de ces modules dans le

cadre d'une tâche de recherche d'information sur le web où l'on cherche à tester l'efficacité d'un nouveau dispositif technique.

La modélisation de l'activité de recherche d'information dans les documents numériques est un domaine de recherche encore récent mais en plein essor. Toutefois, malgré l'apport des modèles théoriques, les études empiriques ne fournissent qu'un nombre limité de réponses liées aux questions de recherche concernant les caractéristiques des contextes, des acteurs, des processus de recherche, des interactions avec le système. Dans les sociétés où la masse d'information et la diversification des supports d'informations (sites web, CD-Rom) augmentent considérablement, les individus sont constamment en train de rechercher de l'information dans des environnements toujours plus denses en information. Les difficultés qu'ils rencontrent nous amènent à nous interroger sur l'activité de la recherche d'information et notamment les implications pour l'utilisateur. Dans le chapitre suivant, nous présentons un des enjeux de l'activité de RI qui consiste à construire une représentation du but à atteindre pour résoudre un problème de RI. Cette construction est soumise d'une part à l'influence de la nature de la représentation mentale du but à atteindre élaborée à partir de la compréhension d'un problème et d'autre part, à son évolution entraînant chez l'utilisateur différents type de stratégies de recherche.

Chapitre 3 : Recherche d'information, implications pour l'utilisateur

Les processus de compréhension sont fondamentaux dans toutes les activités dites « intelligentes », et, notamment, dans tous les comportements ayant une visée d'adaptation. Grâce à ces processus, il est possible de donner du sens aux événements auxquels les sujets sont exposés dans des situations ou des environnements.

La recherche d'information dans les documents numériques implique la prise en compte de l'utilisateur. Pour réaliser sa tâche de recherche, l'utilisateur peut être amené à se déplacer dans le document qu'il consulte. La recherche peut donc être vue comme un processus de résolution de problème correspondant à un cheminement dans un espace d'états. Pour résoudre le problème posé, l'utilisateur doit donc transformer l'état en cours par des déplacements qui génèrent de nouveaux états. Le but du problème est résolu si l'état cible est atteint. Il est donc intéressant de savoir comment l'utilisateur agit dans un SRI d'une façon générale et de repérer les stratégies qu'il met en œuvre pour le guider et l'aider dans ses actions de navigation.

1. Résolution de problèmes

L'activité de RI peut constituer un véritable problème à résoudre selon qu'elle soit bien définie ou mal définie. Dans ce cadre, l'utilisateur est confronté à un problème : il lui manque de l'information pour réaliser une tâche. Le problème est alors considéré comme un processus cognitif qui commence par une prise de conscience qu'il existe un manque d'information et s'achève lorsque ce problème est considéré comme résolu ou abandonné (Marchionini, 1995). Pour passer de la première à la dernière étape plusieurs actions vont être mises en œuvre. Il faut entre autres, se représenter clairement le but à atteindre, puis un ensemble de sous-buts qui permettront d'atteindre cet objectif final. La recherche doit constamment être évaluée, afin d'être certain que l'on ne s'écarte pas du but à atteindre ou qu'il est nécessaire de transformer celui-ci. Une des difficultés les plus importantes dans l'activité de recherche d'information, comme l'ont parfois souligné les psychologues et les ergonomes, est qu'elle appartient à la catégorie des problèmes mal définis (Simon, 1973). En effet, il existe deux catégories de problèmes, ceux qui n'admettent qu'une solution, avec un ou plusieurs chemins pour parvenir à celle-ci, et ceux qui n'ont pas de critères définis de réussite. « Un problème bien défini est un problème dont on connaît tous les éléments, notamment l'état initial et l'état final. Alors qu'un problème mal défini est un problème dont on ne connaît pas l'état final (on ne connaît

que les critères auxquels il doit satisfaire) » (Tricot, A. et al, 1998). Un problème mal défini est un problème dont les données sont peu claires, partiellement déterminées par l'individu devant résoudre le problème, avec un but flou (Falzon, 2005). Il n'existe pas de solution unique à ce type de problème. Par exemple, un travail de thèse de doctorat est un problème mal défini. De ce point de vue, la recherche d'information est bien un problème mal défini, puisqu'il existe rarement une solution unique pour arriver à l'information recherchée.

La résolution d'un problème suppose également la compréhension des données qui le caractérisent. Comprendre un problème c'est comprendre une tâche à réaliser mais qui n'en indique pas le mode de réalisation (Richard, 1991). La compréhension d'un problème, comme par exemple, répondre à une question posée par le système, revient à comprendre la tâche à réaliser sans nécessairement disposer d'information sur la manière de le résoudre. L'utilisateur a une tâche à exécuter mais il ne sait pas comment faire. Pour la réaliser, il doit composer avec trois types d'informations : celles caractérisant le problème (présentes dans « l'énoncé »), sa représentation du but à atteindre construite mentalement et enfin les informations proposées par le système d'information. Ainsi, plus l'utilisateur dispose d'informations liées au thème de la recherche et aux fonctionnalités du système d'information utilisé, plus la représentation mentale construite lors de la lecture de l'énoncé du problème est susceptible de lui permettre de trouver rapidement la solution.

La lecture d'un énoncé peut conduire l'utilisateur à construire une représentation mentale du but à atteindre selon son degré de familiarité avec l'activité. Il explore la solution à partir des informations qui la caractérise, de la représentation du but à atteindre qu'il construit mentalement et des informations proposées par le système d'information. Ce qui nécessite de passer de la compréhension du but à atteindre au détail de la procédure de résolution du problème. D'après Richard (1991), ce processus requiert la construction d'un modèle de situation qui consiste à imaginer le détail de l'action. En effet, lors de la lecture de l'énoncé du problème, l'utilisateur construit une représentation du sens de l'énoncé en envisageant quel type d'action il réalisera pour résoudre le problème. Il distingue deux types de difficultés liées à la compréhension des consignes d'action que l'on peut appliquer à la compréhension d'énoncés de problème de RI :

- Les difficultés liées au domaine de la tâche : dès que le domaine de la tâche sur laquelle porte l'énoncé du problème ne peut être rattaché à un domaine dont on a l'expérience.

- Les difficultés liées à la planification de l'action : celle-ci repose sur des inférences produites pas à pas, elles requièrent du temps et sont coûteuses d'un point de vue cognitif.

La compréhension d'un problème de RI implique la construction d'une représentation d'un but. La représentation ainsi produite est une construction faite dans un contexte particulier et à des fins spécifiques pour faire face aux exigences de la tâche en cours.

2. Nature exploratoire de la recherche d'information

Ce qui rend particulier une tâche de RI est que la représentation du but peut évoluer au cours de sa résolution. En effet, L'utilisateur n'a pas une idée claire de ce qu'il recherche. Ce sont les réponses apportées par le système et les lectures des informations qui vont lui permettre de préciser son besoin. La recherche se « construit au fil du chemin », l'utilisateur passe d'un lien à un autre, se laisse mener par ce qu'il trouve et réfléchit. Il délimite sa recherche au fur et à mesure en fonction des informations récoltées. Au cours de sa recherche, l'utilisateur va donc consulter un premier document qui lui donnera éventuellement de nouvelles idées tout en poursuivant sa recherche. Toutefois, un document ou une information peut le conforter dans sa recherche ou peut aussi l'amener à s'orienter différemment, ou bien encore lui suggérer une autre approche, plus ou moins difficile engendrant ainsi des hésitations, des tâtonnements, des choix ou des sélections à opérer. Ce type de recherche exploratoire a été modélisé par Bates (1989). Le modèle a le mérite d'être un des premiers modèles à considérer la nature exploratoire de la recherche d'information. Ce modèle est appelé « Berry picking », car il compare la recherche d'information à une cueillette de myrtilles ou de baies dispersées dans les buissons. « Les individus procèdent par étapes successives, et l'information qu'ils collectent à chaque étape modifie ou amène de nouvelles questions » (Simonnot 2008).

3. Processus cognitifs liés à la recherche d'information

Les processus cognitifs liés à la recherche d'information touchent aussi bien la compréhension d'un problème, la planification et la réalisation des actions, que le contrôle et la gestion de l'ensemble. De surcroît, l'utilisateur doit activer des connaissances stockées en mémoire, produire des inférences (c'est-à-dire déduire, extraire des informations à partir d'autres informations). Il doit planifier ses actions, les exécuter et en vérifier la portée (c'est-à-dire estimer si le résultat obtenu correspond au but fixé). Dès lors, les difficultés sont donc

multiples et peuvent survenir au niveau de chaque élément de l'interaction (utilisateur – document – dispositif) et à toutes les étapes du traitement. Par exemple, l'utilisateur peut tout simplement choisir de lire rapidement l'information (parce qu'il préfère agir directement). Il peut également la lire sans chercher à la mémoriser (parce que les critères sont trop coûteux à retenir). Le but peut être également mal formulé ou mal compris lors de la lecture, ce qui ne permet pas d'en élaborer une représentation précise. L'information peut aussi être incomplète laissant beaucoup de place à une forte activité de production d'inférences.

Au cours de sa recherche, l'utilisateur élabore aussi différents niveaux de représentation (une représentation de la situation de départ, une représentation du but et une représentation des actions possibles). Ces différentes représentations peuvent être construites à partir de la lecture d'une question dans un système donné (situation de départ), de la réponse fournie par le système (situation but) et une série d'actions qui doivent être entreprises pour passer de la situation de départ à celle de but.

4. Construction et représentation de l'espace recherche

Ces niveaux de représentations individuelles constituent « l'espace de recherche ». Cette notion d'« espace de recherche » a été introduite par Newell et Simon (1972). Selon les auteurs, rechercher de l'information, c'est se déplacer à l'intérieur d'un espace d'états appelé « espace de recherche ». Pour l'utilisateur qui recherche de l'information, construire un espace de recherche nécessite trois caractéristiques : celle de la situation initiale, celle de la situation-but et celle des actions possibles. Ces caractéristiques doivent aboutir à la construction mentale de trois représentations : celle des situations de départ et d'arrivée et celle des actions réalisables. La difficulté principale provient du nombre d'éléments à prendre en compte dans la construction de chacune de ces trois représentations, du caractère plus ou moins bien défini de ces éléments pour l'utilisateur et de la longueur du chemin permettant de passer de la situation de départ à la situation-but. On peut observer deux grands types de stratégies.

4.1 Stratégies adoptées par les utilisateurs

C'est la manière de rechercher qui est étudiée : comment l'utilisateur recherche-t-il de l'information ? Comment il navigue ? Dans le domaine des sciences de l'information, certains auteurs postulent un rapport entre stratégies et compétences des utilisateurs. Navarro-Pietro

(1999) décrit deux types de stratégies adoptées par les utilisateurs : la stratégie ascendante « *bottom up* » et la stratégie descendante « *top down* ». La stratégie ascendante s'explique par le fait que les éléments de l'interface guident les processus de sélection et de traitement. L'utilisateur suit les liens proposés par l'interface pour parvenir à l'information recherchée. Alors que dans la stratégie descendante, c'est l'objectif qui guide l'interaction avec les éléments de l'interface susceptibles de répondre aux buts de l'utilisateur. En fonction de ces stratégies et de la représentation du but, l'utilisateur adopte ainsi différents comportements de recherche.

Certains auteurs issus des sciences de l'information (Pejtersen et Fidel, 1998), ont mis en évidence d'autres types de stratégie pour une tâche de RI. La stratégie de « glanage d'information » (*browse strategy*) qui est réalisée pour des problèmes peu ou mal définis et pour acquérir de nouvelles connaissances. L'utilisateur affine sa représentation du but au fur et à mesure de sa recherche, du fait d'un plus grand nombre d'informations à traiter. Alors que la stratégie « planifiée » (*empirical strategy*) est mise en œuvre dès lors que la recherche comporte un but précis. L'utilisateur adopte un comportement où la représentation du but à atteindre est déjà précisée avec des tactiques et des règles.

D'autres auteurs s'intéressent moins à la formation d'un but et à la planification, qu'au trajet réel qu'effectue une personne en activité de recherche. Dans une autre approche, on évoque la stratégie « essais-erreur » et la stratégie « moyens-buts ». La stratégie essai-erreur consiste à explorer divers chemins de l'espace de recherche. Dans l'éventualité où un chemin s'avère être une impasse alors, l'utilisateur revient en arrière pour en explorer un autre. D'après Hoc (1987), cette stratégie peut être observée lorsque l'utilisateur est placé devant des problèmes nouveaux, pour lesquels le transfert ou l'analogie sont impossibles. Elle permet d'acquérir des connaissances sur la tâche et de construire une représentation du problème.

Dans la stratégie moyens-buts, les utilisateurs évaluent, à tout moment, l'écart entre l'état actuel de la situation et le but visé. Ils recherchent l'action qui va permettre de réduire cet écart. Ces deux stratégies peuvent être mises en œuvre avec plusieurs démarches : l'utilisateur part de la situation initiale pour chercher à se rapprocher du but ou, au contraire, part du but pour aller vers la situation de départ, c'est-à-dire « partir des données pour aller à la question ». On évoque, dans le premier cas, une « démarche prospective ou démarche à chaînage avant », dans le second, une « démarche rétrospective ou à chaînage arrière ». La première est plus risquée que la seconde puisqu'on ne peut pas repérer si l'action effectuée

rapproche ou non du but. Toutefois, devant un problème totalement nouveau, il semble plus pertinent d'utiliser une démarche rétrospective (Bedard et Chi 1990). L'autre démarche « en largeur d'abord » ou « profondeur d'abord » consiste à explorer à partir d'un nœud donné, différents chemins jusqu'à une profondeur limitée. Avec cette démarche, l'utilisateur explore un seul chemin mais jusqu'au bout, c'est à dire soit jusqu'à l'arrivée à la situation-but, soit jusqu'à ce qu'il bute sur une impasse. La première de ces deux démarches est plus coûteuse en mémoire que la seconde.

4.2 Naviguer dans un système de recherche d'information

D'autres chercheurs (Yoo & Yoon, 2006), ont eu une approche basée sur un cadre qui contient plusieurs modèles d'interaction pour exprimer à la fois les éléments du système et les connaissances des utilisateurs. L'analyse prend en compte simultanément les connaissances des utilisateurs, le but de navigation, les composants de la navigation et les moyens de navigation. Selon les auteurs, la similarité entre la navigation dans un système d'information (SI) et la navigation dans un espace physique peut être établie dans la mesure où les utilisateurs peuvent rencontrer des problèmes d'utilisabilité avec un SI et des problèmes cognitifs avec l'espace physique.

4.2.1 Types de connaissances

L'utilisateur se sert de trois types de connaissances pour naviguer dans un espace physique :

- la connaissance de l'espace ou de l'endroit (représentation visuelle des repères dominants dans une zone de recherche par exemple) : correspond au moyen utilisé par l'utilisateur pour localiser les éléments importants d'une page,
- la connaissance du chemin (connaissance procédurale) : manière de se rendre d'un point à un autre. Elle permet à l'utilisateur de comprendre comment il est arrivé à la page courante.
- la connaissance topographique (connaissance des repères) accumulée au cours d'expériences antérieures. Elle donne la possibilité à l'utilisateur de reconnaître la disposition des différentes icônes et d'avoir des informations sur la page.

Ces trois types de connaissances auraient un lien en raison de l'impact de chacune sur les autres. Elles présenteraient surtout une aide pour l'utilisateur en vue de comprendre l'espace dans lequel il navigue.

4.2.2 Le but de navigation

La navigation est définie comme étant le comportement ou le mouvement à partir d'un point vers un autre (Yoo & Yoon, 2006). Dans un document numérique, la navigation peut comporter plusieurs buts. L'utilisateur cherche des informations à un emplacement connu ou inconnu, il parcourt l'ensemble du document pour avoir une nouvelle information ou juste pour explorer un espace (Canter, Rivers, & Storrs, 1985).

4.2.3 Les composants de la navigation

La navigation dans un document numérique est formée de deux composants : un composant cognitif et un composant moteur (Darken, 1997). Le composant cognitif correspond, dans une tâche de navigation à la recherche d'itinéraire alors que le composant physique correspond au déplacement (locomotion) physique. L'activité de planification au cours d'une tâche de RI (formulation du but, sélection, traitement des informations de la recherche) constitue une partie du composant cognitif de la navigation dans un Système de recherche d'information (Tricot & Rouet, 2004).

4.2.4 Les moyens de la navigation

Pour naviguer dans un SRI, l'utilisateur peut se servir de plusieurs fonctionnalités : le moteur de recherche, le lien hypertexte, l'index (Tricot & Rouet, 2004). L'utilisateur peut aussi naviguer en utilisant un répertoire, un mot-clé, sélectionner un lien (Sorrows & Hirtle, 1999). Dans les deux cas, l'utilisateur rencontre des difficultés. Pour y faire face, il utilise alors des repères. D'après Sorrows & Hirtle (1999), il existe un lien entre la navigation et le repère: *« our ability to function depends on forming an understanding or representation of the environment and to plan routes to areas that are not in view. Inherent in navigation is the use of landmarks »*. Notre habileté dépend de la compréhension ou de la représentation de l'environnement et de la planification des itinéraires vers des zones qui ne sont pas en vue. L'utilisation de points de repère est inhérente à la navigation. Les repères sont des points de référence dans l'environnement qui aident l'utilisateur à organiser l'espace. L'utilisateur s'en sert pour trouver sa position au cours de la navigation, c'est-à-dire savoir où il se trouve, où il va. La seule description des stratégies ou du parcours de recherche adopté par les utilisateurs ne permet pas de définir la nature des processus cognitifs mis en œuvre. Certains travaux ont

soulignés l'importance d'avoir une représentation claire du but pour que la recherche d'information puisse aboutir (Rouet, j-f., 2000 ; Simonnot, 2008), Ces études ont permis de mieux comprendre le comportement des utilisateurs et l'activité de recherche d'information mais aussi de prendre en compte le besoin d'information, la pertinence de l'information et la tâche à accomplir.

Dans le chapitre suivant, nous tentons de mieux préciser le concept de besoin d'information en examinant les différentes approches en rapport avec le cadre de notre étude. Nous abordons ensuite la notion de pertinence. Puis en vue de mieux comprendre les activités psychologiques de l'utilisateur dans sa recherche d'information, nous évoquons la prise en compte de la notion de tâche pour réaliser un but, autrement dit, ce que « l'utilisateur doit faire ou pense qu'il va faire de l'information recherchée » (Simonnot, 2008).

Chapitre 4 : La recherche d'information : trois notions essentielles

1. Le besoin d'information

La notion de besoin d'information est une notion cruciale de l'activité de recherche d'information. Certains auteurs ont comparé ce besoin d'information à un état de lacunes de connaissances. D'après le Coadic (1989), « le besoin d'information correspond à un manque de connaissance d'un individu dans une situation, ce manque de connaissance empêchant l'individu de comprendre ou d'agir de façon optimale dans une situation ». Selon l'auteur : « le besoin d'information traduit l'état de connaissance dans lequel un chercheur d'information se trouve lorsqu'il est confronté à l'exigence d'une information qui lui manque, d'une information qui lui est nécessaire pour poursuivre un travail de recherche ».

Une recherche d'information ne peut aboutir sans la prise de conscience de ce besoin d'information et sans la formulation du but de la recherche. D'ailleurs, l'expression de besoin est une tâche nécessaire (Tricot 2004). L'utilisateur prend conscience de son besoin et dans une démarche de recherche d'information interagit avec un système d'information. Il s'engage dans une démarche de RI en vue de combler un manque de connaissances de manière à résoudre un problème informationnel. Il peut correspondre aussi à un sentiment d'incertitude lié aux connaissances. Lors d'une tâche, l'individu peut être freiné dans sa réalisation, par l'absence d'information qui lui permettrait de la traiter. Avoir besoin d'information, c'est en effet ressentir la nécessité ou l'utilité de disposer de l'information ou de la connaissance manquante. La prise de conscience du besoin d'information apparaît en référence à une situation et requiert des connaissances minimales liées au besoin. Tricot et Rouet(2004) émettent l'idée selon laquelle « pour prendre conscience que je manque de connaissance, il me faut des connaissances, notamment des méta connaissances ». Selon les auteurs, la prise de conscience d'un besoin d'information est aussi une compétence fortement liée au développement du sentiment d'incertitude. « Si j'ai de l'incertitude alors j'ai besoin d'information ; si je n'ai pas de connaissance alors je n'ai pas d'incertitude ; si j'ai de la certitude alors je n'ai pas besoin d'information » (Tricot & Rouet, 2004). L'auteur dégage ainsi six situations dans lesquelles un besoin d'information peut émerger :

- avoir besoin d'une connaissance que l'on n'a pas,
- avoir besoin d'une confirmation d'une connaissance que l'on a,
- avoir besoin d'une connaissance plus complète que celle que l'on a,
- avoir besoin d'être conforme aux buts, aux contraintes, aux attentes de la situation,
- avoir besoin d'indication sur la forme de la connaissance à utiliser dans la situation,

- avoir détecté un marqueur de pertinence dans la situation (signalisation typographique, par exemple).

On peut observer néanmoins que l'ensemble de ces besoins d'information se rattachent à une situation en particulier (par exemple avoir besoin d'une connaissance que l'on n'a pas pour débloquer une situation). L'émergence d'un besoin d'information est dépendante de la situation dans laquelle le manque de connaissance s'inscrit. Il n'y a de besoin d'information qu'en référence à des situations. Le Coadic (1998) avance à ce sujet les propos suivants : « Le besoin d'information n'est pas inhérent à l'individu mais est construit par le système social et organisationnel dans lequel il se trouve [...] l'analyse du besoin d'information de l'utilisateur d'un système d'information est une activité qui exige que soient connues les circonstances qui conduisent cet usager à s'engager dans un processus de recherche d'information : dans quel but le fait-il ? Quel est son problème ? Quelle est son manque de connaissance ? Quel usage envisage-t-il de faire de l'information obtenue ? ». En résumé, les facteurs nécessaires à la prise de conscience d'un besoin d'information sont : Une situation, un manque de connaissance, des connaissances minimales, des métas connaissances et un sentiment d'incertitude. Si l'utilisateur recherche de l'information, c'est qu'il a pris conscience d'un manque et qu'il ressent un besoin d'information. Il s'agit d'un besoin de réduction d'incertitude, si l'on considère que l'incertitude est « la connaissance explicite, la prise de conscience d'un manque de connaissances ». En outre, plusieurs variables peuvent caractériser le besoin d'information : le degré de familiarité avec le domaine de l'utilisateur novice ou expert ; la profondeur du besoin : chercher une information, trouver une information nouvelle, comprendre une information, mettre à jour ses connaissances, obtenir une sélection d'informations représentatives sur une question, faire une recherche exhaustive sur la question de recherche. Cependant, défini comme un manque de connaissance ou la prise de conscience d'un manque, la notion de besoin d'information semble néanmoins paradoxale. Pour savoir que je manque d'information, il me faut des connaissances, notamment des métas connaissances. Le besoin d'information ne diminue pas forcément et peut même augmenter avec l'apport d'information.

2. La pertinence de l'information

C'est une notion essentielle dans la RI car tout processus de recherche d'information est orienté vers la réponse à un besoin qu'il s'agit de satisfaire au mieux. Mais c'est aussi la

notion la plus souvent ignorée, en dépit des nombreuses études portant sur cette notion. La notion de pertinence est une notion très complexe car elle est liée au jugement des utilisateurs. C'est en effet l'individu qui, en consultant les résultats de sa recherche, leur donne du sens en fonction de ses besoins et de l'information attendue. Durant sa recherche, soit l'utilisateur est satisfait et il poursuit son activité, soit il tente une nouvelle recherche. En fait, c'est bien parce que l'utilisateur est au cœur de la notion de pertinence que celle-ci est particulièrement complexe. Le problème fondamental de la recherche d'information repose sur le fait que, chaque utilisateur possède sa propre vision des contenus d'un système d'information. De ce fait, un document pertinent pour un utilisateur ne le sera pas forcément pour un autre, même si la recherche est la même. Chacun effectue sa propre interprétation d'une information, du fait de ses connaissances personnelles et de son expérience. Par exemple, deux membres d'une même équipe, avec le même niveau d'éducation et la même expérience professionnelle, faisant exactement la même recherche, sur le même corpus documentaire, avec les mêmes consignes, auront quoiqu'il advienne une vision différente de la valeur des documents présentés. La pertinence est donc fortement dépendante du contexte de jugement. Jugement qui est apporté par l'utilisateur sur le document, en fonction de son besoin d'information. De nombreux travaux théoriques et empiriques ont eu pour but, de définir les caractéristiques de la pertinence en recherche d'information.

Pirolli et Card (1999) font l'hypothèse que les utilisateurs évoluent constamment vers des états cognitifs stables. Dès lors, la RI dans un ensemble de documents dépend de la pertinence de l'information recherchée, pertinence qui dépend de l'utilité de l'information dans la réalisation d'une tâche, du temps estimé de recherche d'un document, et du temps estimé de traitement du contenu du document sélectionné. De la même manière, durant la RI, les utilisateurs d'un système évaluent le degré de pertinence d'un document parmi d'autres, en fonction de la proximité des informations données sur ce document, et de leur besoin d'information. Plus le lien est fort et plus la probabilité de trouver l'information est grande, les utilisateurs sélectionnent alors le document dans l'objectif de réduire leur « coût cognitif ». Les recherches sur la notion de pertinence sont anciennes, puisqu'elles datent des années 50.

Le Coadic (1993) présente et synthétise une chronologie de ces recherches du début des années 50 jusqu'à l'année 1992. Comme, il le constate, on peut regrouper ces études en deux groupes. Le premier groupe renvoie à la notion de pertinence objective (point de vue du système) et le second groupe rassemble les notions de pertinence subjective (point de vue de

l'utilisateur). Par ailleurs, d'autres auteurs dont (Saracevic, 1996) et (Shamber, 1994) ont montré que les critères de performance (taux de rappel / taux de précision) sont insuffisants pour déterminer la pertinence d'une recherche. Dans l'approche traditionnelle, on suppose que les jugements de pertinence sont :

- des indicateurs d'efficacité des SRI
- stables et ne varient pas dans le temps□
- réduits à un jugement binaire : un document est soit pertinent, soit non pertinent.

Néanmoins, il est difficile de fixer un seuil à partir duquel un document est pertinent. Les jugements de pertinence doivent être nuancés. La pertinence d'un document est relative à l'ensemble des documents consultés. Les utilisateurs utilisent des critères autres que ceux du rappel et de la précision qui restent étrangers à leurs préoccupations lorsqu'ils initient ou terminent une session de recherche par exemple.

3. La tâche

Loin de vouloir faire une analyse terminologique sur la notion de tâche, quelques précisions et remarques sur cette notion méritent d'être présentées. Elles peuvent permettre de décrire les relations qui existent entre la tâche et l'utilisateur, surtout de mieux comprendre les activités psychologiques liées à la tâche de recherche d'information. Dans une approche cognitive, une tâche est définie comme un but à atteindre dans un environnement donné au moyen d'actions ou d'opérations (Leontiev, 1972, Leplat, 1983, Simon, 1991). Le but est un état qui diffère de l'état initial. Il correspond à la représentation d'un but précis impliquant une séquence de sous-but. L'action ou l'opération effectuée par l'utilisateur peut influencer la planification ou l'exécution de la tâche. L'environnement de la tâche est déterminé comme un ensemble de facteurs pouvant être manipulés lors de la planification ou de l'exécution de l'activité. Les actions et les opérations permettent de passer d'un sous-but à un autre. Les actions considèrent les aspects physiques de l'activité de l'utilisateur alors que les opérations examinent les aspects cognitifs (Tricot et al 1996).

Les travaux récents en psychologie et en ergonomie se sont penchés sur la façon dont l'utilisateur se représente et exécute réellement une tâche de recherche d'informations.

Rouet & Tricot (1995) ont proposés une synthèse sur la notion de tâche de recherche d'information. Ils différencient 3 niveaux d'analyse des tâches dans le tableau 1 :

	But	Moyens	Environnements
Modèle rationnel	Définition et Structure formelles de but	Méthode et procédures optimales	Base de données et interface
Représentation cognitive	Représentation cognitive du but	Procédures et stratégies cognitives	Représentation du système d'informations (domaine, interface)
Activité cognitive	Régulation de l'activité	Exécution des actions	Information disponible

Tableau 1: trois niveaux d'analyse des tâches de recherche d'information (Rouet & Tricot, 1995)

Le premier niveau décrit un modèle rationnel de la tâche où l'information recherchée est représentée par le but dans un environnement donné. Le second niveau indique comment un utilisateur se représente le but d'un point de vue cognitif. Cette représentation cognitive du but peut être déterminée par une consigne ou une question qui évolue durant la recherche. L'environnement est défini par le système d'information (domaine, interface). Le troisième niveau décrit l'activité cognitive de l'utilisateur dans un contexte et un environnement donné. Les actions s'opèrent de manière séquentielle. Pour chaque niveaux, l'examen d'une tâche particulière, implique de déterminer les points communs et également les différences éventuelles entre les entités. Selon les auteurs, la difficulté à caractériser une tâche réside dans son analyse du point de vue de sa représentation cognitive. En effet, quels sont les obstacles que l'utilisateur peut rencontrer durant sa recherche ? Les difficultés sont-elles dues au système qui délivre de l'information ou aux exigences cognitives de l'utilisateur ? L'expérimentation sur le terrain, les variables situationnelles et individuelles qui influencent le comportement de l'utilisateur, peuvent en partie aider à mieux comprendre les activités mentales impliquées dans la recherche d'information.

Après avoir précisées ces trois notions essentielles : besoin, pertinence, et tâche, nous présentons dans la seconde partie les principaux problèmes clés de la recherche d'information. Le chapitre suivant montre que la recherche d'information est une activité complexe de résolution de problème qui mobilise la mémoire et la compréhension. Dans ce sens, la RI entraîne des difficultés de deux ordres : celles liées aux limites du système cognitif humain et celles liées au processus de recherche. La théorie de la charge cognitive permet d'expliquer la

manière dont sont réparties et utilisées les ressources cognitives pendant la résolution de problème. Elle implique l'idée que toute situation induit une charge cognitive et que dans chaque situation, trois sources de charges doivent être prise en compte : la charge cognitive intrinsèque, la charge cognitive inutile, et la charge cognitive pertinente. Pour nos expériences, nous présentons aux sujets les questionnaires post - test utilisés pour mesurer la charge cognitive dans le cadre d'une tâche de recherche d'information.

**Deuxième partie :
Problèmes clés de la recherche
d'information**

Chapitre 5 : Mémoire de travail et charge cognitive

Dans un système de recherche d'information, trouver l'information pertinente a toujours été complexe quels que soient les domaines concernés. Toutefois, toutes les informations ne sont certainement pas pertinentes pour un même utilisateur. Dans le cadre d'une activité de recherche d'information, elles devraient être rendues facilement accessibles. La qualité d'une recherche est conditionnée par « l'accès à la bonne information, où il faut, quand il faut, et comme il faut ! ». Il semble ainsi nécessaire de prendre en compte d'une part, l'information pertinente et d'autre part, l'amélioration de l'environnement de l'utilisateur en lui facilitant l'accès à cette information, surtout si le traitement de l'information est coûteux sur le plan cognitif. Autrement dit, il s'agit de mieux gérer la surcharge d'information, et d'adapter les systèmes aux pratiques des utilisateurs de façon à diminuer cette surcharge. Afin de mieux comprendre cette complexité, nous recensons dans ce chapitre les principaux problèmes clefs de la recherche d'information.

La recherche d'information nécessite la mise en œuvre d'activités mentales telles que la compréhension, la mémorisation et le choix d'informations liées au traitement de ces activités. Ce traitement est réalisé dans le but de comprendre les informations afin d'évaluer leur pertinence par rapport au but recherché. Durant sa recherche, l'utilisateur doit trouver une information précise, répondre à une question ou collecter une masse d'information suffisante pour traiter un problème. Cette exigence entraîne parfois une surcharge cognitive dans le sens où l'utilisateur doit se rappeler en permanence, ce qu'il est en train de chercher. Certains auteurs (Rouet, Coutelet, Dinet, 2004), évoquent le problème de l'activation et de la désactivation d'informations en mémoire de travail. Selon eux, « la mémoire de travail doit logiquement occuper une certaine place, place qui n'est dès lors plus disponible pour les autres traitements requis par la recherche. À moins que l'utilisateur soit en mesure de « désactiver » temporairement sa représentation de l'objectif ». L'encombrement des ressources cognitives est très rapide dans une tâche, puisque non seulement l'utilisateur doit activer ou désactiver des informations depuis la mémoire de travail, mais il doit également mettre en œuvre des processus coûteux de traitement (utilisation de stratégies diverses notamment). Kirschner (2002) précise que nous ne pouvons vraisemblablement activer que deux ou trois items d'information simultanément quand nous voulons traiter l'information. Cette limite de la capacité de la mémoire de travail en termes d'unités d'information et en termes de processus de traitement a été plus largement abordée sous le concept de charge cognitive. Chanquoy, Tricot, & Sweller (2007), ont montré à partir de la théorie de la charge

cognitive, qu'il était possible de concevoir une situation pour diminuer la charge cognitive inutile et de délivrer les ressources de la charge cognitive utile qui contribue à l'atteinte du but de la tâche. La charge cognitive concerne le montant total de l'activité mentale imposée en mémoire de travail dans une situation et un temps précis (Cooper, 1998).

1. la mémoire de travail et ses limites

Pendant la navigation dans un document numérique et face à une information qui l'intéresse, l'utilisateur se demande parfois « comment suis-je arrivé là ? Pourquoi suis-je là ? » Rechercher une information dans un document numérique implique de déterminer la pertinence des informations, d'intégrer les nouvelles informations avec les connaissances préalables, de comprendre les informations présentées afin de guider les décisions à prendre par la suite. L'utilisateur ne sait donc pas toujours exactement le chemin qu'il a emprunté pour parvenir à un tel résultat et il ne se souvient pas toujours de l'information qu'il est en train de consulter. En fait, toutes ces questions sont souvent liées à deux problématiques que l'on rencontre lors d'une recherche d'information, à savoir la désorientation et la surcharge cognitive que nous détaillerons. Pour Amadiou, van Gog, Paas, Tricot et Mariné (2009), le fait que l'utilisateur soit contraint de sélectionner l'information, la traiter et l'intégrer à d'autres informations impose une forte demande sur les ressources cognitives, ce qui peut conduire à la désorientation et à la surcharge cognitive et avoir des conséquences négatives sur l'apprentissage. De plus, la mémoire est sollicitée à de nombreuses reprises et provoque quelques fois un abandon de la recherche lorsque l'effort cognitif est trop important. Le stockage et le traitement des informations visuelles et auditives seraient assurés par la mémoire de travail.

La mémoire de travail permet de maintenir pendant un temps limité l'information sélectionnée. Sa capacité de stockage et d'encodage est limitée à quelques éléments pendant une courte durée (Miller, 1956). La capacité de la mémoire de travail est déterminée par le nombre de groupement d'information ou unités d'information que l'individu organise. Par exemple, pour retenir plus facilement les numéros de téléphone, on les regroupe en plusieurs unités (avec l'indicatif) : 03 80 52 45 14. Miller appelle ces regroupements des « *chunks* » et observe que la capacité de stockage de ces « *chunks* » dans la mémoire de travail est limitée à sept. Baddeley (1986) dans ses recherches sur la mémoire, considère que la mémoire de travail, joue un rôle primordial dans les activités cognitives complexes telles que la

compréhension, l'acquisition de nouvelles connaissances, le raisonnement et la résolution de problèmes. L'auteur définit la mémoire de travail comme un système aux capacités limitées qui assure « la double fonction de traiter et de maintenir temporairement active l'information ». Dans son modèle, il isole trois structures essentielles : Le calepin visuo-spatial serait responsable du maintien temporaire de l'information visuo-spatiale et contribuerait à la manipulation d'images mentales. La boucle phonologique permettrait le stockage temporaire de l'information verbale. L'aspect le plus important du modèle de Baddeley concernant la question du fonctionnement exécutif, réside dans le troisième système, à savoir, l'administrateur central. Il représente un système attentionnel qui coordonne les opérations des systèmes esclaves. Il est le centre général de contrôle qui régule les processus exécutifs. D'après Baddeley, l'administrateur central contrôlerait trois capacités exécutives, à savoir, la capacité à focaliser l'attention, la capacité à diviser l'attention, et la capacité à alterner l'attention. Ainsi, l'administrateur central serait sollicité dans les situations de double-tâche, les situations nécessitant d'alterner entre plusieurs stratégies, et les situations nécessitant d'inhiber les informations non pertinentes pour une tâche en cours. L'administrateur central servirait également à la sélection stratégique des actions les plus efficaces pour une situation donnée. Cependant le modèle de Baddeley (1986) présente certaines limites. Malgré son aspect novateur et pionnier, il n'apporte que peu d'éléments d'explication en raison de l'absence de relation entre le maintien à court terme des informations et la résolution des problèmes complexes. Il est difficile de décrire les activités cognitives complexes à l'aide de ce modèle.

Les traitements cognitifs et métacognitifs impliqués par la navigation et l'activité de compréhension posent le problème de l'allocation des ressources cognitives destinées d'une part à résoudre le problème et d'autre part à acquérir des connaissances. En effet, comment un individu peut-il consacrer un effort cognitif nécessaire si celui-ci doit à la fois résoudre un problème et en même temps acquérir des connaissances ? Se pose alors la question de la gestion des ressources cognitives face à un document numérique, entre l'activité cognitive et l'activité métacognitive, entre l'activité de traitement du contenu informationnel et l'activité de navigation. Des éléments pour mieux comprendre sont apportés par la théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999).

1.1 Théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999)

Pendant une tâche, l'utilisateur dans sa recherche, met en œuvre un certain nombre de processus qui nécessitent pour chacun une quantité de ressources cognitives. Cette quantité de ressources cognitive doit être suffisamment équilibrée afin d'éviter une surcharge cognitive.

La question qui se pose est de savoir comment est répartie cette quantité de ressources durant la réalisation d'une tâche. Sweller a cherché à comprendre les différences de performance dans des tâches d'apprentissage et à définir la théorie de la charge cognitive (Figure 8) en manipulant le concept de charge cognitive.

La charge cognitive fait intervenir la notion de capacité de stockage des informations. Elle fait donc référence à la mémoire de travail et s'intéresse à la manière dont celle-ci peut stocker de nouvelles informations. Les travaux de Sweller ont montré que, face à un problème, un sujet tend à mettre toutes ses ressources cognitives pour trouver les moyens de résoudre ce problème particulier, plutôt que d'accorder une part de son attention à l'analyse de la structure du problème. Cette tendance peut ainsi interférer sur les apprentissages. Les capacités cognitives étant limitées, il peut y avoir incompatibilité entre les activités de résolution de problèmes et celles d'apprentissage si nos capacités cognitives sont surchargées par la mécanique complexe de résolution de problèmes (Sweller et Chandler, 1991). En termes de conception de stratégie et d'outil d'apprentissage, cette théorie propose de limiter au maximum tous les éléments qui peuvent surcharger notre attention (par exemple : éviter des buts trop précis, intégrer des sources d'informations disparates, éviter la redondance d'informations...). Selon Tricot et Chanquoy (1996), la charge cognitive c'est « la charge mentale qui mesure la quantité de ressources mentales mobilisées par un sujet lors de la réalisation d'une tâche. Elle est donc fonction des difficultés de traitement imposées par la tâche et des ressources mentales que le sujet alloue à la réalisation de cette tâche. Si le sujet est capable d'allouer ces ressources, c'est qu'il dispose d'une capacité, dont est fonction la charge mentale ». La théorie de la charge cognitive montre que toute situation d'apprentissage entraîne une charge cognitive, et dans chaque situation, trois sources de charge cognitive doivent être considérées : la charge intrinsèque, liée à la difficulté de la tâche ; la charge cognitive extrinsèque (inutile) liée au format de présentation des informations à traiter ; et la charge cognitive pertinente, qui renvoie aux processus d'élaboration des connaissances.

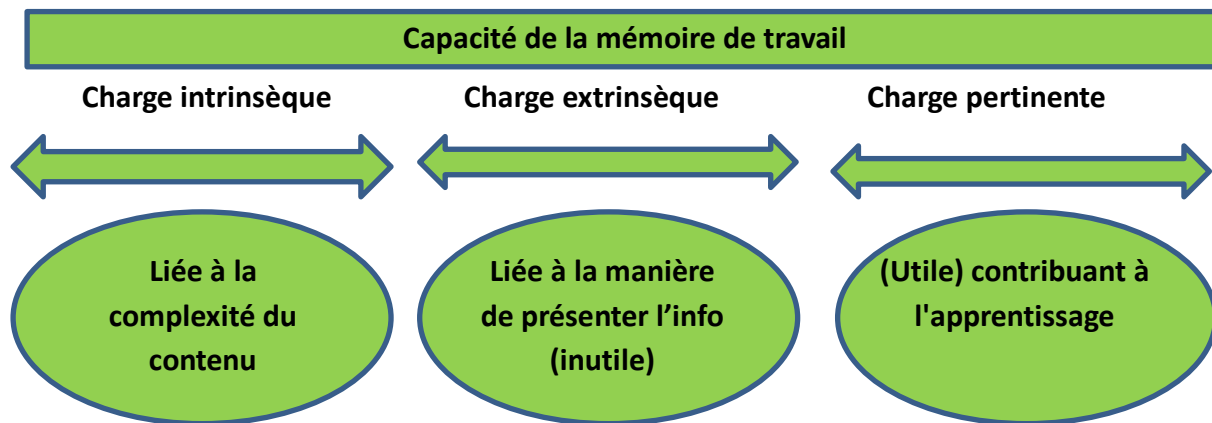


Figure 8: théorie de la charge cognitive (Sweller, 1999)

1.1.1 Charge cognitive intrinsèque

Elle est « déterminée par la quantité d'éléments à traiter simultanément et par conséquent, par les niveaux d'interactivité entre éléments, où un élément est défini comme étant ce qui doit être appris » (Sweller, 1994). Plus il y a d'informations et plus complexe est leur interrelation, et plus il y aura de charge cognitive pour le sujet. En effet, l'élément à considérer pour le niveau de la charge intrinsèque est le degré de liaison réciproque entre les informations à traiter. Par exemple, on peut considérer qu'un individu qui doit apprendre les panneaux du code de la route a une charge cognitive intrinsèque faible du fait de la faiblesse de l'interactivité entre les différents éléments (donc les symboles) car ils peuvent être appris isolément. En revanche, si dans la même situation, celui-ci doit apprendre les panneaux tout en conduisant, alors l'interactivité entre les éléments est élevée car il doit non seulement se concentrer sur le contenu à apprendre mais également sur la conduite (pour ne pas provoquer d'accident). La mémoire de travail a une capacité de traitement limitée. Si la tâche nécessite de traiter plusieurs éléments liés les uns aux autres, l'individu sera contraint de maintenir simultanément plusieurs informations en mémoire de travail pour comprendre le contenu informationnel dans son ensemble, ce qui entraîne une augmentation de la charge intrinsèque. Autrement dit, nous ne pouvons traiter simultanément en mémoire que quelques éléments (*chunks*) d'information (Miller, 1956 ; Sweller, 1988, 1989). Par conséquent, un contenu composé d'éléments avec une forte interactivité ne peut pas être traité en mémoire de travail parce qu'il peut dépasser les limites de celles-ci. Mais il peut être traité élément par élément ou par petits groupes d'éléments. Plus les éléments interagissent entre eux durant le traitement d'une information, et plus la mémoire de travail risque d'être surchargée. Ce qui

implique que présenter plus d'informations que la mémoire de travail ne peut en traiter provoque un état de surcharge cognitive. Une autre possibilité consisterait à réduire ou si possible supprimer tout autre type de charge que celle liée à la tâche d'apprentissage, c'est la charge cognitive inutile ou extrinsèque.

1.1.2 Charge cognitive extrinsèque (inutile)

Elle est déterminée par la manière de présenter les informations, elle ne contribue pas à l'apprentissage. La manière dont les informations sont présentées a un impact sur le niveau global de la charge cognitive impliquée par une tâche d'apprentissage. Lorsqu'une tâche est complexe, cela signifie qu'un niveau élevé de charge cognitive intrinsèque contribue à saturer la mémoire de travail, rendant sa réalisation difficile. Plus les informations sont présentées de manière claire, lisible et moins il y a de charge cognitive pour l'individu. Parce que la charge cognitive inutile s'ajoute à la charge cognitive intrinsèque, vouloir la réduire peut être tout à fait fondamental quand la charge cognitive intrinsèque est forte. Par contre quand la charge cognitive intrinsèque est faible (peu d'interactivité entre les éléments), une mauvaise présentation des informations ne devrait pas avoir de conséquences sur l'apprentissage, puisque la charge cognitive ne va pas surcharger la mémoire de travail en dépassant ses capacités. Toutefois, une charge cognitive intrinsèque faible ne doit pas laisser supposer qu'il faille négliger la présentation des informations. Un annuaire rédigé en prose s'avère inutilisable et pourtant la charge cognitive intrinsèque est faible.

1.1.3 Charge cognitive pertinente (utile)

Contrairement aux deux sources de charge cognitive précédentes, la charge cognitive pertinente ou utile n'a pas d'impact négatif sur la réalisation de la tâche. La charge cognitive est pertinente dès lors qu'elle est utile à l'apprentissage. Un certain niveau d'effort est bénéfique à condition qu'il porte sur des éléments pertinents de l'apprentissage. Cela est possible quand la présentation de l'information permet à un individu de focaliser son attention sur des informations pertinentes à la résolution d'un problème. Ceci provoque une charge cognitive dite « utile » ou pertinente car elle est nécessaire pour l'apprentissage.

La théorie de la charge cognitive fournit donc un cadre théorique intéressant qui permet de mettre en relation un but, des moyens avec un individu qui possède déjà des connaissances.

Elle met en évidence des principes de relations entre ces trois entités. Sweller a consacré un nombre très important de ses travaux à mettre à jour les manières de réduire le coût cognitif des situations d'apprentissage tout en maintenant le but d'apprentissage. La théorie de la charge cognitive soulève quelques interrogations concernant la réduction de la charge cognitive imposée par le traitement d'une tâche tout en maintenant le but. Pourquoi les individus réduisent-ils telle charge plutôt que telle autre ? Comment identifier les facteurs qui ont un effet sur ces différentes réductions ?

Dans ces travaux, Sweller utilise peu les mesures de charge subjective telle que les variables *on-line* (par exemple, les mesures de temps de réaction des sujets). Comme le suggère Barouillet (1996), les travaux sur la charge cognitive ne définissent pas ce qui est mesuré, ils apportent une contribution sur les relations entre les connaissances que peut avoir un individu et les informations traitées dans une situation d'apprentissage. En identifiant de manière plus précise les indicateurs de performance de la charge cognitive, cela pourrait permettre d'expliquer et prédire la nature des processus cognitifs mis en jeu dans le cadre d'une situation donnée. On peut donc s'interroger sur la pertinence des indicateurs de mesure de la charge. L'intérêt de la théorie de la charge cognitive réside surtout dans la capacité à mieux comprendre les processus d'apprentissage.

1.1.4 La mesure de la charge cognitive

Il est possible d'évaluer la charge cognitive à partir de mesures du concept de charge mentale. Ce concept très utilisé en psychologie, et particulièrement en psychologie et en ergonomie peut être appréhendé expérimentalement par différentes méthodes, comme l'administration de questionnaires post – test afin de ne pas interférer avec la réalisation de la tâche en l'interrompant. Tricot et Chanquoy (1996) se sont interrogés sur la pertinence du concept de charge mentale en psychologie. Leur examen de la notion de charge à travers différentes approches en psychologie, leur fait conclure que le concept de charge est plus utile dans une approche « comparatiste - évaluative » telle que s'en réclame Sweller que dans une perspective psychométrique. Autrement dit, il faut donc nuancer l'écart qui existe entre notre capacité à mesurer la charge mentale (y compris avec des outils éprouvés) et la possibilité de la mettre en évidence expérimentalement (visée comparatiste-évaluative).

Bien qu'il existe plusieurs techniques pour mesurer la charge cognitive d'une tâche, une des plus utilisées est le Nasa Tlx. C'est cette technique que nous utiliserons dans le cadre de notre

étude. Le Nasa Tlx est un questionnaire d'évaluation de la charge mentale qui permet d'obtenir des informations spécifiques sur les difficultés ressenties par les sujets durant la tâche. Il est reconnu pour être très fiable et plutôt sensible. En ce qui concerne sa validité, il a été mis en évidence qu'il donne une indication fidèle de la charge cognitive investie dans une activité. Cet outil repose sur le fait que les sujets sont en mesure d'évaluer subjectivement leur effort mental et de lui attribuer une valeur, autrement dit, de reporter la hauteur de la charge mentale fournie pour réaliser la tâche. Les valeurs mesurées ne permettent pas de déterminer quelle est la part respective des différentes formes que peut prendre la charge cognitive (i.e. intrinsèque, inutile ou utile). Par contre, la moyenne des mesures obtenue donne une estimation de la charge mentale. Évaluer la charge cognitive par le biais des mesures de charge mentale, d'effort mental, de performance et d'efficacité constitue un « faisceau d'indices », un ensemble d'indicateurs pouvant utilement renseigner sur le niveau de charge subi par les individus en situation d'interaction avec un dispositif. Le Nasa Tlx est présenté sur écran en version numérique (Figure 9) mais existe aussi en version papier (Figure 10). Il comprend 6 échelles graduées de 0 à 100 et une série de cartes de comparaison (Figure 11) des six facteurs de la charge de travail : la charge mentale (activité mentale et perspicacité), la charge physique (niveau effort physique), l'exigence temporelle (sensation de pression temporelle), la performance du sujet (niveau d'exécution des buts), l'effort (niveau d'exigence physique et moral) et enfin la frustration (pression, dépression, insécurité durant la réalisation de la tâche). Le sujet doit donc opérer un choix binaire c'est-à-dire sélectionner le facteur qu'il estime le plus proche de la tâche qu'il vient de réaliser. Chaque carte de comparaison est présentée dans un ordre différent afin de contrebalancer un éventuel effet d'ordre. Avec les données recueillies de l'évaluation et du poids des 6 facteurs, il est possible de calculer le score global de la charge mentale de la tâche en multipliant le nombre de facteur obtenu (poids) avec les résultats de l'évaluation (Tableau 2) :

$$\blacksquare \text{ Poids} * \text{évaluation} = \text{Score charge}$$

On obtient le coefficient moyen de charge mentale en additionnant la somme des scores charge/ 15 soit : Coefficient de charge= Σ score charge / 15

FACTEURS	POIDS (PONDERATION)	EVALUATION	SCORE CHARGE
Charge mentale			
Charge physique			
Pression temporelle			
Performance			
Stress			
Effort			
Total			

Tableau 2: Score des sources de charge mentale

Pour chaque facteur, cochez sur la ligne entre les deux extrêmes,
selon votre ressenti pendant la conduite.

Charge Mentale : Quelle a été l'importance de l'attention et du travail mental que vous avez dû fournir pour effectuer ce test	Faible	<input type="radio"/>	Elevée
Charge Physique : Quelle a été l'importance de l'effort physique que vous avez dû fournir pour effectuer ce test	Faible	<input type="radio"/>	Elevée
Pression Temporelle : Dans quelle mesure avez-vous eu l'impression d'être pressé par le temps sur ce test	Faible	<input type="radio"/>	Elevée
Effort / Fatigue : Avez-vous dû faire beaucoup d'efforts physiques et attentionnels pour effectuer ce test, dans quelle mesure vous sentez-vous fatigué?	Faible	<input type="radio"/>	Elevée
Stress : Dans quelle mesure vous êtes-vous senti stressé, irrité ou insatisfait?	Faible	<input type="radio"/>	Elevée
Performance : Comment évaluez-vous votre façon d'effectuer ce test ?	Bonne	<input type="radio"/>	Mauvaise

Suite

Figure 9 : questionnaire Nasa Tlx version numérique

INSTRUCTIONS

CHARGE MENTALE : *Quelle a été l'importance de l'attention et du travail mental que vous avez dû fournir pour effectuer ce test ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

CHARGE PHYSIQUE : *Quelle a été l'importance de l'effort physique que vous avez dû fournir pour effectuer ce test ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

PRESSIION TEMPORELLE : *dans quelle mesure avez-vous eu l'impression d'être pressé par le temps pour faire ce test ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

EFFORT FATIGUE : *avez-vous dû faire beaucoup d'effort physique et attentionnels pour effectuer ce test, dans quelle mesure vous sentez-vous fatigué ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

STRESS : *Dans quelle mesure vous êtes-vous senti stressé, irrité ou insatisfait ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

PERFORMANCE : *Comment évaluez-vous votre façon d'effectuer ce test ?*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Faible élevé

Figure 10 : Questionnaire Nasa Tlx version papier (traduit A. Maincent, 2009)

CHARGE MENTALE OU CHARGE PHYSIQUE	PRESSION TEMPORELLE OU PERFORMANCE	STRESS OU CHARGE PHYSIQUE
PERFORMANCE OU CHARGE PHYSIQUE	CHARGE MENTALE OU PRESSION TEMPORELLE	EFFORT/FATIGUE OU PERFORMANCE
PERFORMANCE OU STRESS	EFFORT/FATIGUE OU CHARGE MENTALE	EFFORT/FATIGUE OU STRESS
STRESS OU PRESSION TEMPORELLE	CHARGE PHYSIQUE OU PRESSION TEMPORELLE	PERFORMANCE OU CHARGE MENTALE
CHARGE PHYSIQUE OU EFFORT/FATIGUE	STRESS OU CHARGE MENTALE	PRESSION TEMPORELLE OU EFFORT/FATIGUE

Figure 11 : exemple de cartes de comparaison binaire pour définir le poids dimensionnel de la charge mentale

Après avoir défini le principe de cette théorie, et précisé les principaux concepts puis enfin exposé la méthodologie généralement adoptée pour la mesurer, il s'agit de mesurer dans le cadre d'une tâche de recherche d'informations le coût cognitif pour traiter des informations. Le coût étant lié à la quantité d'information à traiter pour réaliser la tâche. Pour réussir la tâche, les individus peuvent choisir, de façon plus ou moins délibérée, des stratégies moins coûteuses, c'est-à-dire de réduire le nombre d'informations qu'ils traitent sans pour autant éliminer les informations les plus pertinentes et sans nécessairement diminuer leur probabilité de réussir (Bastien, 1987 ; Beilock & De Caro, 2007 ; Cary & Carlson, 1999 ; Sperandio, 1972,). Nous plaidons en faveur de l'hypothèse selon laquelle les utilisateurs pourraient avoir une charge cognitive plus réduite liée à la modalité transparente/Plan pour traiter plus efficacement cette dernière. La théorie de la charge cognitive est donc utilisée ici pour rendre compte de manière cohérente, l'effort mental accompli durant la tâche de chaque utilisateur. Dans le chapitre suivant, nous recensons les principales difficultés des utilisateurs qui recherchent de l'information, liées au processus de recherche d'information entraînant des exigences cognitives coûteuses avec des problèmes de désorientation et de surcharge cognitive. Les difficultés qu'ont les utilisateurs à construire une représentation mentale du système avec la modification des repères traditionnels de lecture à l'écran suggèrent qu'il s'avère utile d'explorer voire de trouver de nouvelles opportunités de consultations de documents.

Chapitre 6: Difficultés des utilisateurs à rechercher de l'information

Les utilisateurs peuvent rechercher une information et, dans la plupart des cas, être satisfaits de l'information trouvée. La plupart des utilisateurs ne suivent pas obligatoirement une formation spécifique sur la manière de chercher de l'information. Ils apprennent à rechercher des informations par la pratique et en utilisant les outils de recherche dont ils disposent. Cependant, certaines études montrent que les utilisateurs ont quelques limites dans l'utilisation de ces outils (Boubée & Tricot, 2007 ; Ravestain, 2007 ; Blondel, 2001). Si les utilisateurs effectuent de plus en plus de recherches sur le web, il semble que leurs expertises en recherche soient limitées, leurs recherches n'étant pas toujours efficaces. (Ravestain et al. 2007 ; Boubée & Tricot, 2010). Les difficultés à comprendre comment les utilisateurs recherchent de l'information restent encore une question d'actualité. Les modélisations ou les esquisses de modèles caractérisant les différentes phases/étapes sont trop généraux pour expliquer l'activité de RI. Les stratégies de recherche et les parcours de navigation délimités sont encore trop globaux pour décrire une RI spécifique. La principale difficulté provient peut être aussi que nous n'avons pas encore trouvé une manière appropriée pour analyser efficacement les processus de recherche d'information. Autrement dit, on ne sait pas précisément ce que font les gens dans la RI, comment ils le font et pourquoi ils le font. Si la présentation des informations sur le web a d'une certaine manière modifié le comportement de recherche des utilisateurs, on peut soulever quelques interrogations. Quels changements pour les utilisateurs dans leurs perceptions ? Quelles représentations mentales ont-ils des documents ? Qu'est-ce qui est stable et qu'est ce qui varie dans la recherche d'information d'un point de vue cognitif ? Ces interrogations montrent qu'il n'est pas simple de comprendre comment les utilisateurs cherchent de l'information dans un système de recherche d'information.

1. Difficultés liés au processus de recherche d'information

La recherche d'information en texte plein (exploration) dans un document numérique suit de manière traditionnelle la règle suivante : Page > clic souris > temps de chargement > ouverture de la page... cette règle prévaut dans la plupart des documents, sauf si on utilise un moteur de recherche (outil de recherche d'information automatique assez puissant permettant de formuler une requête avec des mots clés, ex : Google) ou un annuaire (outil très apprécié quand il s'agit d'un domaine qu'on appréhende mal ou qui est très vaste). Néanmoins, la RI en texte plein rentre en contradiction avec nos capacités cognitives. En effet, certaines pages web

sont très « chargées » et cette surcharge d'information peut dérouter l'utilisateur qui peut se perdre et mettre du temps à trouver le contenu correspondant à son besoin d'information.

L'hypothèse aujourd'hui la plus répandue est que la recherche d'information dans un environnement web représente pour l'utilisateur un coût cognitif important. En effet, il doit à la fois gérer les caractéristiques du site (structure, fonctionnalités...) et le processus de recherche d'information, mobiliser ses compétences et ses connaissances. Au cours de sa recherche, et lorsqu'il se trouve devant une information susceptible de l'intéresser, l'utilisateur se demande parfois comment il a pu arriver là. Il n'arrive pas à se repérer dans la structure et n'arrive plus à décider de ce qu'il va faire. « Pour s'orienter, il doit avant tout se construire des buts, les maintenir et s'orienter dans les systèmes pour les réaliser » (Rouet J-F, 1995). Il clique sur un lien, puis sur un autre, accumule des informations, et puis ne sait plus où il est, ni comment revenir sur ses pas. La quantité d'information importante présentée et le déplacement d'un lien à un autre engendrent donc un sentiment d'égarement. De plus, cet état s'accompagne la plupart du temps d'un sentiment de surcharge cognitive. Il faut à la fois retenir ce qu'on a vu, puis choisir ce qu'on va voir ensuite... Et finalement l'utilisateur n'arrive plus à comprendre, sélectionner ou retenir le contenu visualisé. Ceci impacte directement sa perception et sa capacité à réussir la tâche. Il finit par tourner en rond, à feuilleter et survoler les pages et perdre ainsi le but de sa recherche. En fait, toutes ces questions sont souvent liées à la structure du but et de double tâche qui engendrent deux problèmes majeurs de la consultation des documents électroniques, à savoir la désorientation et la surcharge cognitive. Ces deux problèmes sont bien connus des chercheurs dans le domaine de la recherche d'information, et font l'objet de nombreuses contributions dans la littérature spécialisée. Conklin (1987) avait déjà souligné ces deux problèmes que sont la désorientation et la charge cognitive. En dépit des efforts et des recherches réalisés pour remédier à ces problèmes, le développement de l'usage d'internet n'a fait que les amplifier. Il faut noter que ces travaux de recherches, sont généralement nés de préoccupations touchant aux problématiques et difficultés de navigation observées chez les utilisateurs. Il s'agit alors, de comprendre au mieux ces problèmes et de chercher des solutions permettant de les réduire. Toutefois, en dépit d'une meilleure prise en compte des fonctionnements de l'utilisateur, bon nombre de recherches sont restées orientées vers les aspects techniques de l'interface, et peu d'entre elles se sont spécifiquement consacrées à l'analyse fine des processus cognitifs mis en œuvre par des utilisateurs. Plusieurs expériences ont montré que la désorientation et la

surcharge cognitive dépendent des caractéristiques de l'utilisateur et du système d'information. Cependant, au vue de la grande diversité des situations étudiées dans ces expériences, il semble difficile d'en tirer des conclusions générales. Les problématiques de la désorientation et de la surcharge cognitive sont intimement mêlées, car l'une des préoccupations des concepteurs, consiste à diminuer ces effets de manière à ce que l'utilisateur se concentre sur des tâches plus importantes.

2. Difficultés liées à la désorientation

Une des difficultés récurrentes que rencontre l'utilisateur, quand il recherche une information dans un site web est le sentiment de désorientation. La désorientation indique l'absence ou l'inexactitude de la représentation cognitive, construite par l'utilisateur depuis la page qu'il consulte. Dès qu'il se trouve face à une surabondance d'information, la difficulté reste pour lui de trouver l'information pertinente. En effet, lorsque plusieurs pages d'un site sont ouvertes et que toutes présentent de nombreux marqueurs indiquant des liens à suivre, l'utilisateur éprouve des difficultés à prendre une décision quant à la suite de sa recherche (Bhatt, 2004 ; Ling & Van Schaik, 2006). En effet, s'il ne dispose pas d'outils ou d'aide à la navigation, sa situation peut être comparée à « celle d'un promeneur perdu à la croisée de plusieurs chemins au milieu d'une forêt dont il ne connaîtrait ni la topologie, ni l'étendue ». Ce sentiment de désorientation arrive souvent quand l'utilisateur ouvre plusieurs pages d'un site web. Il est ainsi dérouté car il a perdu son chemin. Il n'a pas une représentation claire de la structure d'ensemble du système.

L'exemple des moteurs de recherche qui recensent des millions de sites internet et qui proposent à l'issue d'une interrogation plusieurs milliers d'adresses, illustre parfaitement ce phénomène de désorientation. Toutefois, des chercheurs (Brown 88, Balpe 96) se sont intéressés aux comportements des internautes pour tenter d'expliquer ce phénomène de désorientation. Ils ont pointés trois types de problèmes :

- L'utilisateur ne comprend pas les facilités de navigation que lui propose le système,
- L'utilisateur ne comprend pas comment le concepteur a organisé l'information pour la représenter sous une forme hypertextuelle,
- L'utilisateur aurait tendance à se laisser aller à des digressions lui faisant ainsi perdre le but de sa recherche.

Le problème de désorientation serait donc dû au fait que les aides à la navigation ne sont pas assez explicites pour l'utilisateur, l'information serait mal représentée, et l'utilisateur aurait « une démarche navigationnelle confuse et de déambulation » (Quarteronie, 1996).

D'un point de vue cognitif, les capacités de la mémoire de travail peuvent apporter quelques éléments d'explication. Les limites de la capacité de mémoire de travail ont largement été démontrées dans la littérature et en particulier dans les situations où les individus doivent simultanément traiter et stocker de l'information. La mémoire de travail est la capacité qu'a le sujet de stocker et de traiter des informations en parallèle (Baddeley & Hitch, 1974). Retenir le but à atteindre (maintien de l'objectif) tout en traitant l'information (sélectionner et lire des parties du document), c'est bien ce que cherche à faire l'utilisateur lors d'une recherche d'information. La mémoire de travail est donc sollicitée à de nombreuses reprises. La désorientation peut donc s'expliquer par la capacité limitée de la mémoire de travail. L'utilisateur doit rester concentré sur son but initial, tout en mémorisant les critères de recherche et en évaluant les résultats des recherches précédentes. La désorientation constitue une sorte de menace pour la représentation du but. Elle entraîne une confusion pour l'utilisateur, qui perd le contrôle sur sa recherche. Selon Daneman (1980), la plus ou moins grande efficacité des processus spécifiques mobilisés lors d'une tâche, est responsable de la quantité de ressources cognitives consommées, et donc des performances de mémoire de travail plus ou moins importantes. D'autre part, il se peut aussi que les difficultés rencontrées par les utilisateurs lors d'une recherche soient dues à une surcharge cognitive au niveau de la mémoire de travail.

3. Difficultés liées à la surcharge cognitive

La recherche d'information implique de déterminer la pertinence des informations, en essayant d'intégrer de nouvelles informations, de manière à guider les décisions concernant ce qui est à faire par la suite. L'utilisateur doit décider quelle information il doit trouver. Il construit donc sa propre représentation du but qu'il cherche à atteindre. Si l'information trouvée ne correspond pas à son but, alors il doit interrompre la construction de sa représentation. Pour Amadiou, van Gog, Paas, Tricot et Mariné (2009), le fait qu'un utilisateur soit contraint de déterminer par lui-même le parcours à suivre, de sélectionner l'information, la traiter et l'intégrer à d'autres informations, impose une forte demande sur les ressources cognitives, ce qui peut conduire à une surcharge cognitive et entraîner des

conséquences négatives sur les apprentissages. Au problème de désorientation, vient donc s'ajouter un phénomène de surcharge cognitive qui provient de l'incapacité ou des difficultés de l'utilisateur à maintenir en mémoire l'information qu'il vient de consulter. La surcharge cognitive peut donc être définie comme un excès de traitements à réaliser ou d'informations à retenir. Elle est liée à la complexité et à la multiplication des processus cognitifs de la recherche d'information. Elle dépend du nombre et de la nature des opérations à traiter dans un délai imparti. La tâche de recherche d'information exige des opérations cognitives spécifiques. Ces opérations peuvent s'avérer coûteuses et entraîner des problèmes de surcharge selon les caractéristiques de l'interface (Wright, 91). L'utilisateur est exposé à plusieurs difficultés liées à la tâche qu'il doit exécuter. Par exemple, s'il décide de revenir à un document consulté lors d'une étape précédente, il doit se rappeler quels chemins suivre afin d'opérer le retour en arrière. De même, s'il souhaite ouvrir un document bien précis, il doit faire l'effort de le localiser, parfois parmi des centaines d'autres. L'utilisateur doit donc constamment lier des actions (ouverture ou fermeture d'un document, suivi d'un lien, etc.) ce qui entraîne une surcharge d'information risquant de lui faire perdre son objectif. Ces actions peuvent s'avérer coûteuses, et entraîner un coût cognitif ainsi que l'oubli des zones ou des liens déjà visités. Par exemple, Baccino (2004) soutient que « La lecture d'un document qui implique une exploration successive d'informations à des niveaux de détail variable, surcharge les capacités mnésiques car le lecteur doit conserver en mémoire une plus grande quantité d'informations (...). Cela peut expliquer la perte du but de la lecture qui est maintenu en mémoire de travail ». D'autres travaux ont montré que la désorientation et la surcharge cognitive pouvaient dépendre du format de présentation des informations. (Conklin J., 1987) (Dieberger A., 1994). Néanmoins, il semble difficile d'en tirer des conclusions générales. Il est indispensable de procéder à des analyses au cas par cas, compte tenu de la diversité des situations.

4. Difficultés à construire une représentation mentale du système

La principale difficulté de la navigation se situe au niveau de l'effort cognitif requis (Agosti, et al. 1996), (Baeza-Yates, et al. 1999). En effet, un effort important est consenti par l'utilisateur pour construire une représentation mentale du document dans lequel il navigue. La recherche d'information requiert des capacités cognitives adaptées, car pour être efficace, l'utilisateur doit construire une représentation mentale du but en adéquation avec la tâche.

Autrement dit, dès lors qu'il doit répondre à une question, l'utilisateur doit élaborer une représentation mentale de la structure d'ensemble du système, de manière à identifier les éléments permettant d'y répondre. Les données empiriques montrent qu'une bonne familiarisation avec le système joue un rôle important dans ce processus. En effet, avoir une bonne représentation de la structure d'ensemble s'avère nécessaire pour réaliser une recherche d'information. Se représenter la structure, c'est se demander quelle information il faut chercher pour répondre à une question donnée. Par exemple, reconnaître si la question nécessite de consulter une seule information ou de comparer plusieurs informations. Avoir une représentation adéquate, c'est pouvoir mettre en relation la tâche et les outils disponibles dans l'environnement. Par exemple, déterminer à un instant donné de la recherche s'il est préférable de consulter une page, de sélectionner un lien ou de revenir à la page précédente.

5. Difficultés liées à la modification des repères traditionnels de la lecture à l'écran

L'un des problèmes non négligeable en matière de documents numériques demeure, malgré les progrès techniques considérables accomplis dans ce domaine, la pratique de la lecture d'un texte sur l'écran d'un ordinateur. En effet, nombreux sont encore ceux qui préfèrent imprimer des articles qui les intéressent plutôt que de les lire directement à l'écran. C'est d'ailleurs un point encore très critiqué des documents électroniques. Lorsqu'un utilisateur consulte un document électronique, il doit raisonner en termes d'écran et non plus en termes de page comme dans un document papier. C'est pourquoi il est difficile d'avoir une vue d'ensemble du document consulté de par sa présentation. Le poids d'un ouvrage par exemple donne déjà une bonne indication du volume d'information à consulter. Tandis que dans un document électronique, l'utilisateur doit fournir un effort pour avoir une idée globale sur l'ensemble du volume d'information. Un ouvrage est rédigé pour être lu en entier et dans un ordre linéaire tel qu'il a été conçu par son auteur. Cette lecture est facilitée par un certain nombre de repères significatifs pour le lecteur. En plus de l'enrichissement typographique (titres, sous titres, ...), on trouve la structure logique du document. Un autre repère assez significatif pour le lecteur est celui des numéros de pages qui permet d'accéder directement à l'endroit voulu du texte. Présenté sous une forme linéaire, le texte donne ainsi l'occasion au lecteur d'être guidé par la ponctuation, la typographie, et un certain nombre d'éléments tels que la table des matières, les renvois, la mise en page, les notes de bas de page... La navigation est donc facilitée par ces éléments et ses repères. L'avantage dans ce type de document est la linéarité du texte et la

possibilité de repérer l'information intéressante. On peut passer d'une partie à une autre soit en lisant le texte tel qu'il est conçu par l'auteur ou encore en passant d'un chapitre ou d'une partie à une autre selon un choix préliminaire dans la table des matières.

Le texte sur écran a changé de statut. Il n'est plus similaire à celui sur support papier. Nos habitudes et nos rapports avec le texte ont donc changé. Le caractère non linéaire du document électronique doit être pris en compte. Il devient difficile de parcourir visuellement des textes sur écran. Il devient difficile aussi de tourner des pages ou de se plonger rapidement dans un chapitre ou un paragraphe. Meunier souligne que : « Les opérations matérielles et cognitives que nous faisons d'une façon routinière et inconsciente dans la lecture et l'analyse de texte se voient profondément modifiées » (Meunier, 1995). Tricot précise que « Dans une structure non-linéaire, la charge cognitive est double car il faut à la fois traiter le contenu (lecture), et les relations qu'il y a entre les différents contenus à l'intérieur d'une structure » (Tricot, 1993).

Sur une page d'écran, la manière d'appréhender un texte n'est plus la même. L'accès à l'information n'est plus séquentiel, sinon on revient au "volumen". Dans ce sens Emmanuel Souchier précise que: « le lecteur ne perçoit en effet qu'une page écran, l'avant et l'après n'ont pas pour lui d'existence sensible. Le texte qui suit et précède sont proprement illisibles. Absents de la scène visible, codés par ou pour la machine, ils n'existent que virtuellement. L'écrit accède ainsi à un nouveau degré d'abstraction. Son défilement vertical, analogue au déroulement horizontal du volumen antique...» (Souchier, 1996).

En plus des spécificités de la lecture à l'écran que nous venons d'évoquer, d'autres problèmes s'ajoutent en relation avec la nature des écrans, avec la qualité des postes de travail, et avec la capacité de l'utilisateur à assimiler et à intégrer l'information proposée. Parmi ces problèmes, Baccino, (2004) souligne :

- La fatigue des yeux : la résolution actuelle des écrans (même si des efforts considérables ont été observés dans ce domaine) reste insuffisante pour une lecture confortable à l'écran,
- La lecture sur écran peut entraîner une désorientation cognitive.

L'auteur indique tout d'abord que la lecture sur écran permet d'enrichir l'information au moyen d'hypertextes et d'hypermédias, ce qui est un bienfait mais il faut faire attention à ne pas trop l'enrichir, cela entraîne une « saturation de l'information » et le lecteur se sent égaré devant l'abondance d'information, produisant ainsi un phénomène de désorientation

cognitive ». Durant sa recherche, le lecteur navigue dans différents niveaux d'hypertextes et finit par perdre de vue son but initial.

- La fatigue physique : les problèmes d'ergonomie des postes de travail se multiplient.
- Les temps de lecture : selon les conditions, la lecture sur écran peut s'avérer plus lente que la lecture sur papier.
- Les postures de lecture : difficulté de lire à l'écran (ex : dans le métro ou sur un canapé).

Toutefois, certains auteurs ont apportés une contradiction très pertinente concernant ces problèmes de lecture à l'écran. Faisant référence à certains travaux récents sur la lecture sur écran⁴, Stéphane Caro (1995) affirme que les documents électroniques sont lus généralement aussi facilement que les documents papier et que la lecture sur écran n'a pratiquement aucun des inconvénients dont on veut souvent l'affubler (fatigue, compréhension, temps de lecture). La spécificité d'une telle lecture est qu'elle est dynamique. En effet, le lecteur peut modifier la présentation des informations qu'il a sous les yeux en exerçant une action. Même si, sur le support de stockage (disquette, CD-ROM,...), le texte est figé, ses modalités de présentation à l'écran ne le sont pas.

L'activité de recherche d'informations pose en effet de réelles difficultés à l'utilisateur pour chercher de l'information, tant au niveau de la mise en œuvre des processus cognitifs, que dans la construction d'une représentation mentale du document qu'il consulte. Dans notre introduction générale, nous avons souligné la faiblesse du temps de connexion sur internet des seniors (8 seniors sur 10 sont à peine connectés sur internet). Même si ceux-ci conservent encore quelques hésitations à l'égard de l'usage des technologies numériques, ils n'hésitent pas à faire part des difficultés à trouver une information sur internet.

L'objectif du chapitre suivant est de mieux comprendre les comportements d'utilisation et de navigation lors de recherche d'informations chez les seniors sous l'angle du raisonnement et des fonctions cognitives. Nous recensons ainsi les principales difficultés et présentons quelques éléments explicatifs du vieillissement cognitif sur l'activité de RI. Nous nous intéresserons à la façon dont ces comportements sont influencés par la difficulté de la tâche à effectuer et par l'avancée en âge. Nous faisons l'hypothèse que l'exigence des tâches de recherche d'information (niveau de difficulté de la question) et l'avancée en âge auront un effet sur le type de modalité de recherche présentée.

⁴ Notamment les travaux de Juola 1988, de Dillon en 1994 et de Muter & Maurutto 1991

Chapitre 7 : Le rôle du vieillissement cognitif sur l'activité de recherche d'information

1. Les séniors et le numérique

Nous présenterons dans ce chapitre quelques données issues de la littérature sur les difficultés des séniors à rechercher de l'information sur internet sous l'approche cognitive. Ils peuvent être doublement pénalisés, d'une part, par l'anxiété qu'ils éprouvent face aux nouvelles technologies et d'autre part, les exigences cognitives de l'activité pouvant ainsi freiner leurs performances. Même s'ils possèdent des compétences en informatique, les séniors sous-estiment leur capacité dans des tâches liées à l'informatique et à Internet. Ils éprouvent une certaine réticence vis-à-vis des technologies numériques, due en partie à la complexité des systèmes informatiques. De plus, la montée en puissance de l'internet et surtout de l'internet mobile n'a fait que renforcer cette réticence. Le développement des Smartphones et des tablettes tactiles a permis de simplifier les interfaces rendant plus accessibles certains services qui auparavant nécessitaient l'utilisation d'un ordinateur. Certains obstacles ralentissent la vitesse d'exécution des activités telles que la lecture ou la recherche d'informations. Par exemple, la lecture des textes en mouvement ou la consultation des textes utilisant des polices de caractères de taille réduite s'annonce difficiles pour les séniors, comme pour n'importe quel utilisateur. Le maniement de la souris peut être plus difficile avec l'avancée en âge (Smith, Sharit, & Czaja, 1999) et une réduction de la dextérité sur le plan moteur peut avoir des conséquences sur l'activité cognitive en œuvre. Par exemple, solliciter un pointage moteur précis peut contraindre l'activité au point que certains apprentissages peuvent devenir presque impossibles (Fezzani, Albinet, Thon, & Marquié, 2009). La réduction de l'acuité visuelle peut être également un frein dans l'activité de recherche d'information. Les séniors présentent de plus faibles performances en recherche visuelle (Madden, 2007) et une réduction de leurs capacités visuelles en vision périphérique (Scialfa, 2002). Au-delà de ces considérations, il est admis que l'avancée en âge ne favorise pas les nouveaux apprentissages. Or, l'utilisation des nouvelles technologies, nécessite d'acquérir des nouvelles procédures, ce qui devient plus difficile au cours du vieillissement et constitue un frein important (Rogers, Meyer, Walker, & Fisk, 1998).

De nombreux résultats s'accordent sur le fait que les adultes âgés sont plus lents que les jeunes pour réaliser des tâches de recherche d'information sur internet (Czaja, Sharit, Ownby, Roth, & Nair, 2001; Freudenthal, 2001; Westerman, Davies, Glendon, Stammers, & Matthews, 1995).

D'autres évolutions physiques liées à l'âge constituent aussi des difficultés spécifiques pour l'utilisation des technologies numériques. Les processus cognitifs mis en œuvre dans le déclenchement d'une action appropriée (sélection d'un lien, ouverture d'une fenêtre...) font aussi l'objet d'une modification avec l'âge. La diminution des capacités de mémorisation notamment dans l'appropriation des interfaces où la mobilisation de la mémoire est importante, représente aussi un obstacle pour améliorer leur navigation au sein des documents. Rechercher des informations sur Internet nécessite de maintenir en mémoire le but de la recherche, les informations traitées et leurs emplacements. Les seniors éprouvent des difficultés à identifier des données pertinentes lorsqu'elles sont noyées dans un ensemble d'informations. La structure des sites web peut inclure des menus profonds, dans lesquels peu d'alternatives sont présentées à chaque niveau de choix (ou pages web) et l'atteinte du but va supposer plusieurs sélections successives (plusieurs pages web traversées). Les processus impliqués peuvent différer en fonction des étapes de la recherche d'information qui sont considérées. Rouet et al. (2004) montrent que les seniors sont plus lents dans leur recherche d'information, plus particulièrement lorsqu'ils utilisent un menu profond. Les menus profonds sont peu avantageux (Norman, 1991). Si l'augmentation de la profondeur du menu accroît les exigences en termes de mémoire de travail, alors il est raisonnable de penser que l'étude menée par Freudenthal (2001) suggère que ces exigences sont plus importantes avec l'âge : les seniors sont plus désavantagés que les jeunes dans ce type de menus. Mais l'étude montre surtout que les seniors sont déjà moins performants lors de la première étape de sélection, dès la première page web consultée, là où d'autres processus que la mémoire de travail s'avèrent déterminant pour la performance de recherche.

Pour comprendre les effets du vieillissement cognitif dans des tâches de résolution de problèmes, les psychologues du vieillissement ont établi des distinctions entre « les problèmes bien définis » et « les problèmes mal définis » ainsi que les tâches dites de « production » et de « vérification ».

1.1 Distinctions résolution de problèmes et tâches

La notion de problème bien défini apparaît dès lors que l'état initial et l'état final sont clairement précisés (par exemple, la résolution d'un problème arithmétique tel que l'addition). Dès lors qu'on effectue l'opération, on obtient un résultat précis. En revanche, le problème est dit mal défini quand l'état final n'est pas clairement établi (ex : une thèse de doctorat) : il est

difficile pour un thésard de savoir à partir de quel moment, il considère que ses recherches sont terminées... Les recherches empiriques ont surtout porté sur des situations expérimentales où les sujets étaient confrontés à des problèmes bien définis, car elles permettent d'aboutir à des interprétations et des conclusions claires. Toutefois, ces recherches sur la résolution de problème ont montrés que plus le problème est complexe, plus les effets du vieillissement sont importants. Autrement dit, lorsque la tâche requiert davantage de ressources cognitives pour être sélectionnée et exécutée, les effets du vieillissement sont plus significatifs.

Quel que soit la nature des problèmes étudiés, les chercheurs ont cernés deux types de tâche pour mieux appréhender la notion de problème : des tâches dites « de production » et des tâches « de vérification ». Ce qui caractérise une tâche de production est que le sujet doit trouver lui-même la réponse. Par exemple, dans le cas d'une addition, il s'agit de trouver la solution exacte. Alors que dans la tâche de vérification, le sujet voit un problème et doit dire si la solution proposée est satisfaisante ou insatisfaisante. La plupart des travaux sur la résolution de problème comparant les performances des personnes jeunes et âgées ont montré que les personnes jeunes ont toujours de meilleures performances que les personnes âgées. Le plus intéressant dans ces études expérimentales est qu'au fur et à mesure qu'augmente la difficulté, l'effet du vieillissement est plus important. Le facteur vieillissement aurait un effet significatif sur les performances en résolution de problèmes correspondant à une interaction entre l'âge et la complexité. Toutefois, l'impact de l'âge sur les capacités mentales ont conduits les chercheurs à s'intéresser aux causes du vieillissement cognitif.

1.2 Diminution des performances cognitives avec l'âge

Certains avancent l'idée que la diminution des performances cognitives est due à une moins grande capacité d'attention : l'âge diminue la capacité à maintenir un niveau de vigilance élevé, augmente la tendance à se laisser distraire par des informations non pertinentes, et altère la capacité à réaliser des tâches simultanées. D'autres, affirment que la mémoire de travail (qui permet de maintenir par exemple les étapes d'un calcul pour arriver au résultat, ou les mots d'une phrase pour comprendre la suivante) est en partie responsable des effets négatifs : ses capacités diminuant avec l'âge, puis ayant des effets sur les fonctions cognitives au niveau du langage, de la résolution de problème, du raisonnement...

Une autre hypothèse avancée est celle d'un ralentissement cognitif général. Avec l'âge, les processus mentaux prennent plus de temps. Les personnes âgées ont donc de plus grandes

difficultés à intégrer et à coordonner les informations. Il est même probable qu'avec l'âge, le vieillissement cognitif se caractérise par une diminution des performances cognitives : comme par exemple, la possibilité d'activer et de maintenir en mémoire de travail des informations nécessaires à la poursuite de la tâche ; de se concentrer sur des informations cruciales et d'inhiber celles qui ne le sont pas ; d'exécuter et de traiter l'information, d'utiliser des stratégies couteuses en ressources cognitives. Ces caractéristiques sont liées aux fonctions cognitives et peuvent expliquer le déclin des performances dans les domaines de la cognition. Plusieurs études ont montrés, dans différentes tâches cognitives, que le temps de réponse des utilisateurs âgés était plus long que celui d'utilisateurs jeunes. Pour explorer cette hypothèse, des auteurs se sont intéressés à l'évaluation du vieillissement cognitif.

1.3 La théorie du ralentissement cognitif (Salthouse, 1996)

La théorie la plus communément admise dans la littérature concernant le vieillissement cognitif, est celle du ralentissement cognitif proposée par Salthouse (Figure 12). Cette théorie constitue encore un des modèles les plus élaborés et les plus précis. Elle repose sur l'idée selon laquelle la réduction, avec l'âge, de la vitesse avec laquelle les opérations cognitives sont exécutées constitue le facteur général, contribuant aux différences observées entre jeunes et âgés, dans diverses tâches cognitives. La complexité d'une tâche se définit par le nombre de processus à accomplir pour résoudre une tâche. Pour expliquer cette interaction entre l'âge et la complexité de la tâche, la théorie n'exclut pas une influence du facteur général, de sorte que les différences jeunes/âgés augmentent avec la charge cognitive du traitement. Selon l'auteur, le ralentissement cognitif est un phénomène qui est lié à un double mécanisme. Le mécanisme du « temps limité » et le mécanisme de « simultanéité ». Le mécanisme du « temps limité » explique l'augmentation des temps de réponse avec l'âge, ainsi que la moindre précision des tâches cognitives. Les opérations cognitives sont exécutées trop lentement, pour être entièrement réalisées dans le temps imparti. Comme les premières opérations sont réalisées trop lentement, il reste peu de temps à l'exécution des dernières opérations. Dans ce contexte, les dernières opérations sont réalisées moins précisément, que si le temps imparti à ces opérations n'était pas limité. Ceci a pour conséquence, que toutes les opérations cognitives nécessaires à la réussite d'une tâche, ne peuvent être mises en œuvre ou exécutées correctement. Le mécanisme de « simultanéité » explique la diminution des performances avec l'avancée en âge, par le fait que le résultat des opérations précoces est perdu, à cause du

temps nécessaire à l'exécution des opérations plus tardives. Les informations pertinentes ne seraient plus disponibles quand nécessaires : un traitement lent réduit la quantité d'information simultanément ou ultérieurement disponible pour des traitements profonds. La profondeur de traitement de l'information est guidée par le jugement de la pertinence de celui qui recherche. L'information issue des premiers traitements est perdue au moment des traitements suivants. Autrement dit, elle devient de moins en moins disponible (en quantité et en qualité) pour les traitements ultérieurs. Les derniers processus ont donc non seulement moins de temps pour être exécutés convenablement, mais opèrent sur une information de moins bonne qualité ou sur une information non disponible.

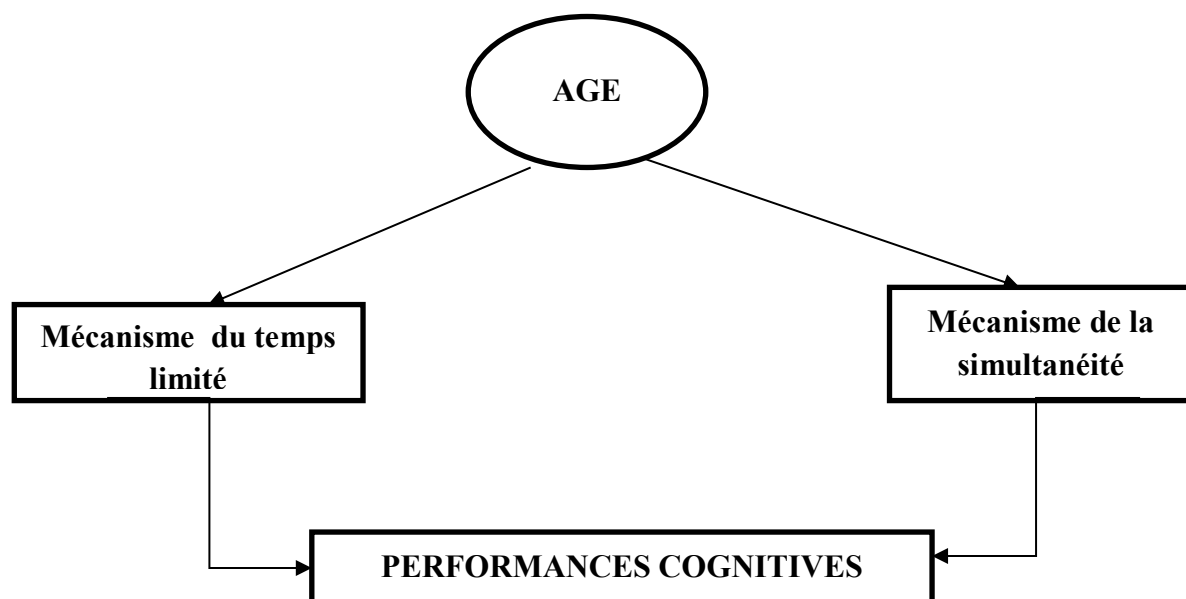


Figure 12: théorie du ralentissement cognitif (Salthouse, 1996)

Cette théorie du ralentissement cognitif présente l'intérêt, d'expliquer un nombre important de données sur le vieillissement. La vitesse avec laquelle nous exécutons les processus cognitifs diminue avec l'âge. Cette diminution serait responsable du déclin des performances cognitives dans de nombreux domaines. Enfin, selon l'auteur, d'autres facteurs seraient à l'origine du déclin des performances cognitives avec l'âge, et certains processus pourraient être affectés alors que d'autres pourraient être épargnés au cours du vieillissement. Cette diminution entraînerait une baisse progressive de l'efficacité des processus chez les sujets.

1.4 Niveau scolaire et vieillissement cognitif

Plusieurs études (longitudinales) ont permis d'établir que le niveau scolaire est lié au déclin cognitif (Anstey et Christensen, 2000). L'étude de Lyketsos et al. (1999) tend à confirmer que les seniors scolarisés ont tendance à montrer un faible déclin cognitif lorsqu'on les examine sur une période d'environ dix ans par rapport à des seniors n'ayant jamais été scolarisés. Ce qui implique qu'il peut exister un lien réel entre le niveau scolaire et la performance cognitive d'un senior. Néanmoins, ce lien dépend des types de mesure utilisées ou obtenues.

Les études utilisant les tests pour évaluer les fonctions cognitives des personnes âgées telles que le MMSE (*Mini Mental State Examination*) (cf. Annexe p 160) montre la plupart du temps un effet protecteur de la scolarité. Le MMSE est un examen mental qui permet d'évaluer de manière rapide l'état mental des personnes âgées (Folstein, Folstein & McHugh, 1975). Il est utilisé dans le but d'orienter un diagnostic dans le cadre d'un dépistage de démence de type Alzheimer. Il s'agit d'un questionnaire qui inclut des items d'orientation temporelle (quelle est la date d'aujourd'hui ?) et spatiale (où sommes-nous ?). Le score global est noté sur 30 points. Un score de 26 et plus est considéré dans les études comme témoignant d'un fonctionnement cognitif normal. Un score de 21-26 suggère une démence modérée et un score de moins de 10 peut signifier une démence grave (Folstein et al, 1975). Cependant, le MMSE est sensible au niveau de scolarité de chaque participant et son utilisation doit tenir compte des caractéristiques personnelles de chaque sujet dans le cadre d'un dépistage des troubles cognitifs.

Même si ce questionnaire examine de manière globale l'état mental des personnes âgées, il nous renseigne peu sur la nature des processus cognitifs mis en œuvre. En effet, le score global retenu ne permet pas de connaître la nature des items manqués et donc de savoir quels aspects de la cognition sont touchés. Toutefois, nous l'avons utilisé dans nos expériences avec les seniors afin d'avoir des données objectives dans l'interprétation de nos résultats. Autrement dit, nous avons écarté dans l'analyse de nos résultats, les seniors ne répondant pas aux exigences d'un fonctionnement cognitif normal.

Un test de vocabulaire est présenté en dernier au sujet. Le MILL HILL (Cf. Annexe p 160) est une échelle de vocabulaire (version crayon papier) destiné à mesurer les aptitudes verbales qui comprend une série de 34 mots. Pour chaque mot, le sujet doit trouver un synonyme parmi six autres mots qui lui sont présentés. Il voit un mot écrit en majuscules, accompagné de six mots en minuscules. Il doit choisir parmi ces 6 mots lequel est le meilleur synonyme du mot écrit

en majuscule et il doit souligner celui-ci. Les items sont numérotés de 1 à 34 et doivent tous être remplis. Les sujets obtiennent un point pour chaque synonyme correctement sélectionné (aucun crédit pour d'autres réponses). La Figure 13 fournit un exemple des items utilisés dans cette épreuve.

MALARIA	
base	paludisme
théâtre	fruit
océan	ton

Figure 13 : item utilisé dans le MILL HILL

Après avoir recensé les principaux problèmes clés de la recherche d'information, nous abordons la troisième partie orientée sur la variation des modalités d'exécution procédurale de la recherche d'information. Le chapitre suivant présente un survol du concept de document numérique impliquant des changements dans la représentation mentale des utilisateurs. La numérisation (des textes, images...) fait apparaître de nouvelles approches documentaires entraînant des nouveaux comportements, de nouvelles modalités d'exécution chez les utilisateurs. Nous cherchons ainsi à mieux comprendre la notion de document, son évolution et à cerner les dimensions qu'il revêt. Si le numérique a pu transformer la nature même du document, il apporte aussi des modifications dans les processus de recherche dans un SRI. Au-delà des informations contenues dans un document, le type de modalité du document peut avoir des effets sur la représentation mentale que va se construire l'utilisateur et par conséquent sur ses performances dans une tâche donnée. Ces effets sont particulièrement importants si la représentation visuelle de l'utilisateur peut être facilitée par un dispositif de prévisualisation des écrans permettant de mieux se repérer et trouver rapidement l'information pertinente.

Troisième partie :
Vers une variation des modalités
d'exécution procédurale de la recherche
d'information

Chapitre 8 : Evolution du concept de document numérique

Le développement remarquable des technologies numériques au cours de ces dernières années, a entraîné une croissance importante du nombre de ressources numérisées. S'intéresser aux évolutions des ressources numérisées conduit tout naturellement à s'intéresser aux évolutions du concept même de document numérique. Ces évolutions concernent aussi bien le fond (intégration des contenus) que la forme (présentation, stockage et manipulation) de ces documents. La prise en compte de ces évolutions, constitue un point important des problématiques auxquelles nous nous sommes intéressés. Ces problématiques concernent surtout la représentation mentale que peuvent avoir les utilisateurs, en consultant ces documents numériques.

1. Début des premiers systèmes informatisés

La recherche d'information est une activité humaine ancienne. Il y a encore quelques années, pour rechercher des documents dans une bibliothèque, il fallait parcourir les nombreuses notices bibliographiques classées par mots-clés, par titres, par auteurs afin d'identifier la cote de l'ouvrage tant recherché (Figure 14). Pour trouver une information, on avait presque le modèle suivant : l'utilisateur, l'ensemble de documents et entre les deux, le spécialiste de l'information (bibliothécaire ou documentaliste) qui cherchait l'information ou le document.

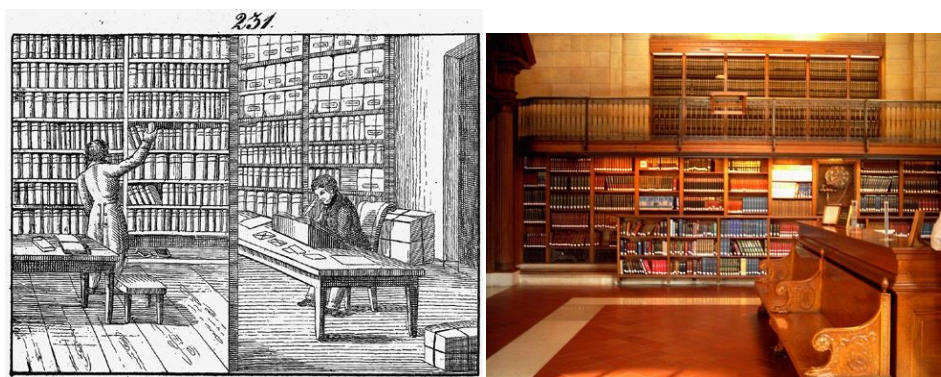


Figure 14 : recherche d'information sans ordinateur

Aujourd'hui, cette activité de recherche s'est développée surtout avec l'arrivée des systèmes de recherches documentaires informatisés. En effet, les premiers systèmes informatisés de recherche d'information sont apparus dans les années 1950-1960. L'arrivée des ordinateurs ouvrait alors de larges perspectives pour le stockage de l'information, mais aussi pour le traitement et le repérage, avec la création automatique d'index. Les systèmes utilisés par les

bibliothécaires, permettaient d'effectuer des recherches booléennes, c'est-à-dire des recherches permettant d'élargir ou de réduire les résultats en ajoutant ou en excluant des termes spécifiques. Une nomenclature permettait de décrire l'ensemble des documents, puis de sélectionner, pour chaque document du corpus, les mots-clés permettant de le décrire. Une grande expertise des bibliothécaires était requise pour choisir les termes reflétant ainsi, au mieux le contenu des documents. Des connaissances étaient presque nécessaires pour la recherche d'information, lorsqu'il s'agissait de « traduire » une question, plus ou moins précise, en un ensemble de mots-clés. Ce processus, peu précis et souvent très lent ne garantissait pas toujours de bons résultats. Des recherches ont pu être menées pour extraire de manière automatique, la description d'un document à partir de son contenu.

C'est à partir des années 1960 que les premières grandes bases de données bibliographiques voient le jour, avec la mise au point des systèmes interactifs de repérage d'information. Les premiers serveurs commerciaux de recherche d'information apparaissent, tel que Dialog (1972) et Lexis Nexis (1973) et, se développe ainsi une véritable industrie de la recherche en ligne. La recherche d'information devient alors un sujet qui concerne surtout les experts, avec des interfaces d'interrogation complexes et l'exigence de maîtriser des commandes informatiques et des langages d'interrogation peu intuitifs, qui nécessitent la plupart du temps une formation spécifique.

Vers les années 1980, l'information en ligne explose, et les supports se multiplient, avec notamment l'arrivée des CD-ROM. On voit naître en plus, des premiers catalogues informatisés de bibliothèque, des interfaces et des langages simplifiés.

Dans les années 1990, la généralisation de la micro-informatique et le développement d'internet entraîne la mise au point d'interfaces grand public rendues accessibles via le web. Dans le même temps, les moteurs de recherche et les annuaires de recherche, sont créés pour permettre de trouver en texte intégral, l'information sur le web. La recherche d'information a muté pour devenir accessible au grand public. Les moteurs de recherche tels que Google par exemple, sont simples à utiliser, intuitifs, ils permettent à bon nombre d'utilisateurs, de mener une recherche sans avoir à maîtriser des procédures approfondies ou des techniques d'interrogation complexes. Une initiation au web et l'usage d'un navigateur semble suffire, pour mener à bien une recherche d'information.

Toutefois, sous cette apparente simplicité de la recherche d'information, se dissimule en fait une réalité plus complexe. Sur la plupart des sites internet, on trouve de nombreuses interfaces

qui, malgré leurs améliorations ergonomiques, posent des problèmes au niveau de la recherche d'information. En naviguant d'un site à un autre, d'une page web vers une autre page web, l'utilisateur se trouve confronté à des difficultés de plusieurs niveaux, celle de trouver l'information pertinente, celle de résoudre un problème (tâche de recherche), celle d'apprendre ou de construire de nouvelles connaissances associées aux documents. La recherche d'information pose ainsi, des problématiques nouvelles, allant de la pertinence cognitive jusqu'aux apprentissages, dans le cadre d'une interaction entre un utilisateur et un système de recherche d'information.

2. Du Document papier au Document numérique

2.1 Quelques éléments de définition du terme « document »

Le terme document vient du grec « docere » qui veut dire « instruire » ou « enseigner » et désigne en quelque sorte, tout ce qui peut véhiculer un enseignement. Dans un sens plus commun, il indique une trace de l'activité humaine (Prié 1999). Quel que soit le sens utilisé, il évoque l'idée d'une transmission, de diffusion. La notion de document est difficile à définir, dès lors qu'elle peut comporter plusieurs sens à l'ère des nouvelles technologies, mêmes s'il existe de nombreuses définitions. Un document peut être déterminé par sa typologie, ses caractéristiques, son contenu, sa forme, son support, son contexte, ou le message qu'il véhicule. Si le document s'est longtemps présenté sous la forme d'un objet matériel, l'arrivée de la numérisation lui a fait changer son apparence. Le document numérique s'affranchit du support, il n'est plus considéré comme un document physique. C'est un objet informatique « immatériel ou virtuel » et manipulable avec un ordinateur. Il peut être une image, un fichier, un son, un ensemble de données organisées en fichier, un écrit électronique... Catherine Lupovici (2000), l'a bien résumé dans son article « Il est immatériel et peut être transféré sur des supports divers, y compris être momentanément stocké sur un support de communication tout en gardant son identité et son intégrité intellectuelle ». La notion de document peut donc prendre différentes dimensions, selon les domaines dans lesquels il est désigné. Dans le domaine de l'informatique, on fait référence plus aux fichiers et aux formats, en sciences de l'information et de la communication, on évoque plutôt les ressources documentaires, entre autres. Dans un article intitulé « *What is a document ?* » (Buckland, 1998) présente une synthèse des approches proposées sur le concept de document. Il souligne qu'il doit y avoir matérialité, intentionnalité, et que les objets doivent être traitées et perçus comme un

document. Selon l'auteur, un objet réel peut devenir un document si sa localisation, sa durée d'existence, son analyse et son étude est possible. La notion de document peut être étendue à tout objet qui peut être étudié. Il s'appuie sur l'approche de Paul Otlet pour qui les objets archéologiques ou œuvres d'art peuvent être assimilées à des documents. Partant d'une approche qui consiste à considérer qu'une information sur un support constitue un document, celui-ci devient une trace matérielle de l'information portée et joue alors le rôle de preuve. Le support est ainsi un élément constitutif du document.

Buckland s'interroge aussi sur la notion de document numérique « qu'est-ce qu'un document numérique ? ». Il considère que la représentation physique des documents numériques étant à base de bits, la distinction ne peut s'effectuer sur la base du support (média). Elle reposerait davantage sur la fonctionnalité de l'objet plutôt que sur son support physique. Toutefois, la distinction reste toujours peu claire. L'auteur donne l'exemple des tables donnant des valeurs logarithmiques et des algorithmes permettant de calculer ces mêmes valeurs. Si l'on envisage une version électronique en ligne de ces tables, elles doivent être considérées comme un document. Mais dans ce cas, un algorithme calculant ces valeurs doit aussi être considéré comme un document puisqu'il remplit la même fonction que les tables. Cette classification de l'algorithme en tant que document est beaucoup moins évidente.

Dans l'approche qui nous intéresse, la définition envisagée est que le document numérique est un document pour lequel la consultation envisagée est la lecture à l'écran selon l'expression de Cotte, D. (2004) : Il convient d'isoler, ou de réserver le terme de document numérique uniquement aux documents ou à la phase d'édition des documents qui ne retrouvent pas une forme « analogique » mais subsistent sous une forme consultable au moyen d'un appareillage électronique.

2.2 Evolution de la notion de document

Depuis plusieurs années, la technologie numérique s'est peu à peu substituée aux supports habituels de l'écrit. Dans bon nombre d'endroits publics ou privés, administrations, établissements scolaires, entreprises..., on utilise l'informatique pour écrire, rechercher, stocker et consulter des documents de n'importe quelle nature. Les supports informatiques ne reproduisent pas que des textes imprimés, ils en transforment aussi des aspects : que ce soit la présentation de la page, les modalités d'affichage des caractères, l'organisation des documents ou les outils disponibles pour les utiliser. Ces transformations impliquent forcément des

changements, dans la représentation mentale des utilisateurs qui consultent ces documents. A ce titre, il suffit juste de se rendre sur un site web pour en être réellement convaincu. Dès lors, des interrogations surviennent. Quels sont les effets du document numérique sur la représentation mentale des utilisateurs ? Quelles conséquences sur le traitement de l'information ? Le document numérique modifie-t-il réellement les logiques de navigation et les processus de compréhension ? Les travaux actuels réalisés ne permettent pas d'apporter de réponses suffisamment satisfaisantes au vue de la complexité et des cas particuliers à prendre en compte, limitant ainsi les possibilités de généralisation. Toutefois, quelques approches ont été proposées par des chercheurs dans la perspective de mieux comprendre le document numérique.

De nombreuses recherches sur l'évolution de la notion de document ont été menées, dont la plupart des travaux ont porté sur des problématiques de création de contenu, d'indexation et de navigation dans le document. Un document de synthèse publié sous l'intitulé « Document : forme, signe et médium, les reformulations du numérique » présente un travail collectif de réflexion publié sous le nom de Roger T. Pédaque (RTP Doc 33 du CNRS). Il fait apparaître, dans un premier temps, la faiblesse du nombre de définitions, de la notion de document dans la littérature existante. Ces définitions proviennent dans bons nombre de cas, de chercheurs en sciences de l'information, ou de chercheurs dont les travaux portent particulièrement sur les spécificités de l'édition électronique. Le numérique transforme non seulement la nature même du document, mais aussi son traitement et son insertion dans l'interaction homme/machine. Il introduit une réelle modification, avec l'apparition de nouveaux concepts. Les auteurs du collectif précisent que le domaine de la recherche sur la notion de document concerne aujourd'hui, des chercheurs en informatique engagés dans l'analyse des réseaux, des chercheurs spécialisés dans la gestion des connaissances, des chercheurs concernés par l'ingénierie linguistique, des chercheurs en sciences cognitives ou en sciences sociales... Cet intérêt s'explique par une modification de la nature, de la forme comme des implications des documents. Le document numérique entraîne ainsi une nouvelle approche documentaire. « Il bouscule profondément la notion de document sans que l'on puisse clairement en mesurer les effets et les conséquences faute d'en avoir au préalable cerné les contours ». La numérisation des textes, des images, du son, du multimédia fait apparaître de nouveaux modèles documentaires suscitant de nouveaux comportements chez les utilisateurs. La standardisation du document numérique est un fait. Toutefois, elle n'est pas sans poser de nombreux

problèmes au niveau des comportements des utilisateurs entre autres. Ce collectif d'auteurs a analysé les transformations du document, dans son passage au numérique, afin d'en présenter les évolutions. Le document est analysé à partir des trois entrées suivantes : le document comme forme, comme signe, puis comme médium.

2.3 Evolution du document comme forme

Le document est ici considéré, à travers la nature de sa présentation physique ou virtuelle, ainsi que par la structure qui le qualifie. Le document est montré sous la forme qui lie le « contenu » au « contenant », autrement dit, le support physique au contenu lui-même. Pendant longtemps, le papier a été le support du document, sur lequel se réalisaient les traces formées par l'écriture. Par la suite, cette relation s'est étendue à d'autres formes de support, comme ceux utilisés pour la musique ou la vidéo. Au-delà de ces formes, l'évolution la plus marquante a été le passage de l'analogique au numérique. Cette évolution est à l'origine d'une réflexion plus complexe, sur le fait que, le document numérique résulte de la confrontation d'une structure avec des données. Le document s'élabore à partir, non pas du support, mais depuis son organisation interne.

2.4 Evolution du document comme signe

Il s'agit de donner un sens au document, dans un cadre contextuel précis. Dans cette dimension, le document est analysé sous l'angle du sens qu'il véhicule. Il est la confrontation d'une « inscription » et d'un « sens ». La notion de support laisse place au contenu lui-même. Cette interprétation conduit à prendre en compte la dimension de la création des documents, de leur interprétation et de la nature des signes qui les composent.

2.5 Evolution du document comme médium

Lié à un contexte, cette signification prend en compte la nature du statut du document, en fonction du système de relations sociales dans lequel il s'insère. Le terme « medium » s'entend comme un phénomène social, une analyse de la communication. Dans cette dimension, le document est présenté dans le sens de sa réalité « sociale » de communication entre les êtres, sous la forme d'un message entre un émetteur et des récepteurs. La « matérialité » du document est en relation avec les groupes sociaux. « Par exemple, un journal intime n'est pas un document, sauf si quelqu'un prend l'initiative de le rendre public,

ou au moins de le communiquer au-delà du cercle restreint des familiers de son auteur. Ou encore, une émission de radio ou de télévision en direct n'est pas un document, sauf si quelqu'un l'enregistre, pour une utilisation sociale future. ».

3. Le document papier

Le développement des réseaux informatiques a modifié considérablement le support que représente le document. Il est presque devenu aisé et même plus commode, de faire parvenir des documents numériques par un réseau, que de les envoyer sous forme papier. Les améliorations dans les technologies d'affichage signifient que, dans la plupart des cas, il est possible de visualiser les documents à l'écran, au lieu de les imprimer. L'économie se fait au niveau du papier, et de l'espace nécessaire pour stocker les copies imprimées. Néanmoins, l'usage croissant des documents numériques n'a pas supprimé totalement l'utilisation du document papier. Les nouvelles technologies ont considérablement augmenté son utilisation, entraînant un besoin important d'impression, et par conséquent de papier. Le document papier existe depuis des siècles. Il est notre référence en matière de technologie documentaire. Il reste omniprésent dans la société malgré le développement du web, tant par le nombre croissant des sites, que par le nombre de ses utilisateurs. Les avantages du document papier sont réputés pour être :

- un support simple, qui ne nécessite pas d'instrument particulier pour être exploitée (on peut lire un texte sans avoir besoin d'ordinateur pour cela),
- un document qui a une certaine présence, une certaine allure, typographie, graphisme... (ex : encyclopédies, collections, volumes...),
- un document qui peut être conservé, archivé et qui peut avoir une fonction de mémoire,
- un document qui permet d'effectuer des retours en arrière, de souligner ou d'annoter des passages lus...

Ses inconvénients restent pour le moins :

- un document qui ne peut plus guère progresser dans son évolution,
- des limitations liées à des problématiques de stockage, transport, conservation...
- un document qui ne permet pas d'exprimer de manière interactive des points de vue.

L'arrivée du document numérique dans les pratiques professionnelles a souvent été annoncée comme la fin de l'ère du papier, où celui-ci, serait remplacé par l'écran, et où la

dématérialisation permettrait de réaliser des économies financières. De nombreux travaux ont montré, depuis que l'avènement de l'ordinateur n'allait pas de soi avec la fin du papier, que ce dernier semblait encore bien loin de disparaître, qu'il était et restait un atout pour des lectures professionnelles. Le document papier semble avoir encore de longs jours devant lui...prenons l'exemple du livre. Qui d'entre nous n'a pas été conquis par « son aspect matériel et poly-sensoriel ». « Il donne à voir l'étendue de son contenu, son volume, il permet de nombreux types de recherches, des retours en arrières, il autorise des libertés que les systèmes informatiques ne peuvent fournir sans dispositifs ad hoc » (Caro, 2007).

4. Le document numérique ou l'information « dématérialisée »

D'autres études ont aussi montré que la consultation des documents numériques n'était pas chose facile, et que les utilisateurs éprouvaient de réelles difficultés à construire une représentation mentale de la structure du document qu'ils consultent. L'une des premières particularités de la lecture sur écran, semble venir de la « dématérialisation » du texte. En détachant ce dernier d'un support qui lui était auparavant dédié et qui le délimitait, c'est tout le rapport au texte qui semble être remis en cause. La nature du texte, qui avant le numérique, pouvait facilement être devinée à la seule vue du support : un texte écrit à la main sur un papier à lettre n'annonçait en général pas la même chose qu'un texte dactylographié sur un papier à en-tête, et entre un journal et un livre, l'utilisateur pouvait s'attendre à ne pas trouver des textes de la même nature sur les deux supports. C'est aussi une certaine perception de l'œuvre qui disparaît, les repères spatiaux étant remis en cause, l'utilisateur n'a plus nécessairement conscience de la taille du texte, ni de l'endroit où il se situe dans le texte ou dans la page. Le numérique a permis de « dématérialiser » le document. Le document est passé du papier aux supports magnétiques et électroniques. En même temps, l'information véhiculée, habituellement textuelle, a pu s'enrichir d'éléments issus d'autres médias (des images fixes ou animées, des graphiques, du son, de la vidéo...). Le document s'est donc doté en quelque sorte, de nouvelles capacités, aussi bien au niveau du contenu qu'au niveau des traitements possibles. De plus, un document numérique ne se contente plus de remplir les fonctionnalités d'un simple document papier, il offre d'autres possibilités telles que : une restitution selon différents formats, une communication avec d'autres systèmes informatiques (des échanges, partages, etc.), des recherches d'informations, etc. (Dupoirier 1995).

Ainsi, l'usage de l'informatique dans le domaine de l'information et de la documentation a conduit progressivement, à l'avènement du document numérique par le recours à la technologie numérique. Les principes à la base de cet avènement sont les suivants :

- dématérialiser, c'est à dire ne gérer que les contenus, sans avoir à payer le coût de la matérialité, « autrement dit ne garder que les lettres et supprimer tout le papier blanc autour »,
- s'affranchir des contraintes qui empêchent la circulation des contenus,
- offrir la possibilité d'une diffusion la plus large possible en minimisant le coût (mais sous réserve de faire certains investissements en équipements plus lourds que ceux mobilisés pour le document papier),
- s'affranchir des contraintes spatiales, temporelles, linguistiques, culturelles en recourant à des dispositifs ou standards universels,
- S'affranchir des barrières entre les sens : les textes sont désormais associés à du son, de l'image, de la vidéo.

La numérisation des documents a donc entraîné de nouvelles définitions du terme document comme celle donnée par l'ISO (ISO-5127 2001) : « Un document est l'ensemble d'un support d'information et des données enregistrées sur celui-ci sous forme en général permanente et lisible par l'homme et la machine ». Contrairement au document papier, l'accès à l'information sur les supports numériques, n'est jamais direct. « Il passe au minimum par le décodage d'une représentation sous forme binaire de l'information pour en proposer une présentation sous une forme sémiotique lisible » (Bachimont et Crozat 2004). Le document numérique peut être considéré ainsi comme « une reconstruction dynamique d'un document matériel ».

4.1 Typologie et critères de distinction des documents numériques

On recense quatre typologies de documents numériques (Guide de méthodologie documentaire SCD Université Rennes 2) :

✓ La nature physique de l'information

Une distinction est faite entre les documents textuels (caractérisés par le texte) et les documents non textuels (caractérisés par l'image + son + écrit). Le classement de ces documents se fait selon ces critères.

✓ **La périodicité du document**

On distingue ici les monographies (ouvrages qui paraissent en une seule fois et souvent identifiés par un numéro ISBN) et les publications en série (revues identifiés par un numéro ISSN). Un livre ou une revue ne se référence pas de la même manière.

✓ **Le « degré d'élaboration » du document**

Il concerne les caractéristiques intellectuelles du document selon la place qu'il occupe dans la chaîne de production et de diffusion de l'information. On distingue :

Les documents primaires (document qui présente une information à caractère original, c'est-à-dire vue par le lecteur dans les mêmes conditions où l'auteur l'a écrite ou conçue)

Les documents secondaires dont l'objet est d'identifier, décrire et rechercher les documents primaires. Ils comportent généralement des données analytiques concernant les documents primaires.

Dans la recherche d'information sur Internet, pour bien distinguer les types d'outils, un moteur de recherche est un outil permettant l'accès aux documents primaires, tandis qu'un annuaire, un répertoire de sites est plutôt un outil de type "secondaire".

✓ **Le mode de publication du document**

Il se distingue entre les documents commercialisés facilement accessibles (« littérature blanche ») et les documents non – commercialisés (« littérature grise »)

En résumé, les documents numériques peuvent se distinguer par ces quatre critères de distinction dans le Tableau 3 : (critères de distinction des documents numériques (Guide de méthodologie documentaire SCD Université Rennes 2)⁵

⁵ http://www.sites.univrennes2.fr/scd/ArchivesMethodoc/Methodoc_documents.htm

Critères de distinction	Catégories de documents	Exemples de types de documents
1. nature physique de l'information	Documents textuels	<ul style="list-style-type: none"> Documents écrits : livres, périodiques...
	Document non - textuels	<ul style="list-style-type: none"> Documents iconographiques : affiches, cartes, plans, photographies, etc. Documents sonores : disques, cassettes, fichiers MP3... Documents audiovisuels : films, vidéos... Documents multimédia : hypermédias
2. périodicité du document	monographies	<ul style="list-style-type: none"> Livres : ouvrages, romans, essais, manuels... Thèses Ouvrages électroniques
	Publications en série	<ul style="list-style-type: none"> Périodiques : journaux, revues, newsletters... Publications annuelles : rapports d'activité, annuaires... Publications à périodicité irrégulière : comptes rendus, mémoires, actes de congrès... Collections de monographies : par ex. "Découvertes", "Que sais-je ?"...
3. « degré d'élaboration » du document	Documents primaires	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrages : roman, essai, thèse, publication officielle, rapport de recherche... Articles de périodiques Documents iconographiques : carte, plan.. Documents audiovisuels : films, vidéos...
	Documents secondaires	<ul style="list-style-type: none"> Bibliographies Catalogues de bibliothèques Index : index de périodiques, index d'auteurs.. Bulletins signalétiques Banques de données bibliographiques Annuaire thématiques sur Internet
4. mode de publication	Documents commercialisés (« littérature blanche »)	<ul style="list-style-type: none"> Livres : essais, romans, fictions... Documents scientifiques : ouvrages, revues, brevets...
	Documents non commercialisés (« littérature grise »)	<ul style="list-style-type: none"> Documents scientifiques : rapports de recherche, thèses, actes de congrès, prépublications... Documents d'entreprise, d'institutions : rapports d'activité, bilans, rapports d'ambassade, comptes rendus... Documents des "intranets"

4.2 Le document numérique : ses caractéristiques

Au-delà de ces distinctions, il est important de spécifier les formes d'un document, en prenant en compte ses caractéristiques aussi différentes que :

- Le type des contenus : le document peut être en effet un texte écrit, un manuscrit à partir du moment où il est rédigé à la main, un texte imprimé, une photo, une vidéo, un film, un son (voix, musique), du multimédia (dès lors qu'il associe du texte, de l'image et du son),
- Le type de supports : il peut être représenté par du papier, un écran d'ordinateur, la voix (téléphone), voix et image (vidéophone, visioconférence), des supports mixtes (voix et texte),
- la nature même des actions : comme de lire, d'écrire ou d'écouter, mais d'interagir, de naviguer à travers des contenus, les modes d'utilisation : ils peuvent être variés, à des fins d'information, de communication, de collaboration, de gestion des connaissances, de formation ou de loisirs.

En comparaison à un document papier, un document numérique comporte certains avantages en rapport avec le support de stockage, le mode de présentation et d'accès, etc... Au niveau du stockage, un document numérique occupe un espace moins important que le support papier. Par exemple, sur des supports tel qu'un CD-Rom ou une clé USB, on peut sauvegarder plusieurs milliers de pages et même une encyclopédie entière, selon la capacité. En effet, ce type de support permet, d'une part le stockage de volumes importants d'informations sur des espaces minimes avec plusieurs modes de présentation à l'utilisateur, et d'autre part, la recherche d'information avec toutes ses facilités. Alors qu'une recherche sur support papier, reste toujours subordonnée aux outils de référence (index, bibliographies, bases de données...). Selon Stéphane Caro : "Le document papier est figé et ne permet pas une visualisation des informations à "géométrie variable". La documentation électronique permet de stocker des informations et de les présenter tantôt dans un certain ordre, tantôt de façon plus synthétique en enlevant des UT⁶, tantôt dans un ordre différent selon le besoin" (CARO, 1995). Partant de quelques définitions du terme document et après avoir retracé son évolution et notamment son passage au mode numérique, nous avons présenté sa typologie et ses caractéristiques de façon à mettre en évidence les difficultés potentielles auxquelles les

⁶ UT : unité textuelle

utilisateurs devront faire face. Dans le chapitre suivant, nous présentons l'intérêt à développer de nouvelles modalités d'affichage en vue de permettre un accès plus pertinent à l'information recherchée et d'en améliorer la navigation. La visualisation d'un document en passant par exemple d'une vue globale de l'information à une vue plus locale où l'utilisateur pourrait librement réduire la distance d'un niveau de visualisation à un autre, représente une perspective de recherche pertinente dans le domaine IHM. Nous nous appuyerons sur quelques travaux pour mieux préciser notre point de vue.

Chapitre 9: Interaction entre les utilisateurs et le système de recherche d'information

1. le domaine de l'interaction homme – machine

Le domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM), étudie les interactions entre l'homme et les systèmes informatiques. Il s'intéresse notamment aux processus de communication entre les personnes et les systèmes interactifs (Preece et al. 1994), de manière à aider l'utilisateur dans son activité. Autrement dit, c'est l'étude des personnes, de l'informatique et de leurs façons de s'influencer (Dix et al. 1993). L'IHM constitue un vaste domaine de recherche, et c'est la raison pour laquelle les informaticiens, les ergonomes, les psychologues, les sociologues, ou les linguistes entre autres, l'ont abordé chacun selon leur propre point de vue (Preece&al. 1994). Ils cherchent surtout à améliorer les facteurs qui influencent l'efficacité et l'utilisation de l'ordinateur, en combinant des techniques propres à leurs domaines. Ils étudient les divers processus, les dialogues et les actions que s'échangent les utilisateurs et l'ordinateur (Baecker et Buxton, 1987). L'un des objectifs principaux dans l'IHM consiste à obtenir une « situation de collaboration » entre l'utilisateur et le système permettant de mener une activité. L'IHM fait intervenir aussi différents domaines tel que la psychologie cognitive par exemple, pour mieux comprendre les actions de l'utilisateur sur l'interface. C'est en étudiant ces différentes actions, que nous essaierons de mieux comprendre les facteurs qui dans le contexte de leur utilisation, peuvent conduire à une meilleure compréhension des processus cognitifs de l'utilisateur.

1.1 La recherche d'information contribue à mettre en interaction l'utilisateur et le système

La recherche d'information dans un environnement numérique, consiste à mettre en interaction, l'utilisateur qui exprime son besoin, et le système qui traduit ce besoin puis fournit à l'utilisateur une liste d'information qu'il juge pertinent. Trois types de recherche peuvent être déclinés (Balland et al, 1999) : la première est la recherche en texte intégral qui consiste à comparer le besoin de l'utilisateur avec l'ensemble des informations contenues dans le système. L'avantage principal est que cette recherche est plus approfondie, mais en revanche, elle est aussi très lente. Puis, la seconde est la recherche par mot clé : le système de recherche va uniquement comparer la requête de l'utilisateur avec les mots -clés contenus dans les métas - données. Elle est la plus utilisée dans les bibliothèques numériques. Elle est certes, moins approfondie, mais plus performante. Toutefois, dans ces deux types de recherche, les informations trouvées ne correspondent pas toujours aux attentes de l'utilisateur. Elles ne

tiennent pas compte du fait que la plupart des mots possèdent de nombreux sens et qu'un mot peut avoir de nombreux synonymes. De plus, le nombre de documents récupérés est souvent élevé rendant ainsi la recherche fastidieuse. Le troisième type de recherche est celui de la « recherche assistée », qui consiste à guider l'utilisateur tout au long de sa recherche. Il lance une requête et le moteur de recherche va analyser la sémantique de la requête, et lui proposer ainsi, la liste des interprétations possibles, afin que ce dernier valide celle qui est plus pertinente. Ce qui la différencie de la recherche par mots clés, c'est qu'elle est plus ciblée et que l'aspect sémantique est mieux pris en compte.

La recherche d'information dans un document numérique suppose l'interaction entre un utilisateur et un dispositif informatique, qui doit permettre au premier de consulter les informations disponibles, quelle que soit leur forme, via le second. C'est l'interaction qui rend possible l'exploitation réelle des vues d'ensembles une fois produite. Selon l'approche psychologique de la perception, elle est indissociable de l'action : il faut agir pour percevoir et il faut percevoir pour agir. La représentation visuelle peut être manipulée de manière interactive par l'utilisateur, en obtenant différentes vues de la même information. Nous nous appuierons sur certains travaux pour mieux exposer ces techniques de visualisation.

1.2 Vers de nouvelles modalités d'interaction

Durant la navigation et dans un site internet, les pages devraient toujours permettre à l'utilisateur de visualiser l'information qui l'intéresse, de savoir d'où il vient, et où il peut aller sans être désorienté ... L'utilisateur ne devrait pas avoir à revenir à la page précédente pour savoir quelles informations étaient disponibles sur le site et revenir sur la page suivante... L'utilisateur ne devrait pas avoir à mémoriser, ni la structure, ni les rubriques, pour pouvoir trouver l'information qu'il cherche. Le cas échéant, l'utilisateur risquerait même d'oublier l'objectif de consultation qui l'a d'abord amené sur le site.

Dans les systèmes de recherche d'information dit « classiques », les menus ou sommaires ou autres outils d'aide à la navigation, constituent une manière de toujours présenter à l'utilisateur, l'ensemble des commandes possibles tout comme leur disponibilité, permettant de le renseigner sur ses dernières actions qu'il a réalisées ou qu'il peut réaliser. Par exemple, sur la page d'accueil d'un site, l'utilisateur peut savoir, en regardant les « indicateurs de positionnement » (Caro, 2007), la dernière action réalisée. Ils permettent à l'utilisateur de

savoir où il se trouve dans le document. Cette possibilité peut être utile lorsque l'utilisateur est interrompu dans une tâche qu'il reprendra par la suite.

Avec la diversification et l'accroissement du volume des documents numériques, il peut être opportun de développer de nouveaux dispositifs d'affichage pour permettre un accès plus pertinent à l'information et une navigation plus aisée. En effet, les récents développements de l'informatique, appellent de nouveaux modes d'affichage qui ne peuvent se résumer à des logiques de navigation de types essai/erreur. C'est à dire, ouvrir une page web pour s'apercevoir que le contenu ne correspond pas à l'objet de la recherche et la refermer. En fait, l'utilisateur pourrait consulter des informations sans être obligé à chaque fois de refermer une page pour en ouvrir une autre, évitant ainsi, ce que certains auteurs ont défini comme la désorientation et la surcharge cognitive (Conklin, 1987).

Malgré sa facilité apparente, naviguer dans un document numérique n'est pas chose facile. La principale difficulté de la navigation se situe au niveau de l'effort cognitif requis comme cela est souligné dans (Agosti, et al. 1996), (Baeza-Yates, et al. 1999). En effet, un effort important est consenti par l'utilisateur, pour construire une représentation mentale du document dans lequel il navigue (il mémorise tous les documents qu'il visite ainsi que les liens qu'il parcourt). Cela peut entraîner une surcharge cognitive lorsque qu'il n'arrive plus à mémoriser la structure du document dans lequel il navigue, c'est à dire qu'il ne sait plus exactement où il en est. Pour chaque document visité, l'utilisateur doit évaluer si l'information trouvée répond ou non à son objectif de recherche. Aussi, la réussite ou le succès de sa navigation peut être fortement corrélée à son niveau de charge cognitive.

La navigation dans un document numérique requiert donc une activité cognitive importante pour définir notamment, le plan d'actions à réaliser, c'est-à-dire trouver l'information correspondant au but. Durant l'activité de RI, l'utilisateur doit s'impliquer fortement s'il souhaite obtenir des résultats pertinent. Sur un plan cognitif, il met principalement en œuvre, plusieurs types de connaissances dans les différentes phases de la RI (Chevalier, et al., 2009) : ses capacités (physiques, mentales, psychiques...), ses connaissances, son expertise (Marchionini, 1997), (Holscher, et al., 2000), (Ciaccia, 2008) : ses connaissances pratiques (langages, outils informatiques, outils d'interrogation...) qui désignent les différentes compétences et connaissances nécessaires au bon usage des outils disponibles, ses connaissances du domaine dont il dispose sur sa recherche, ses connaissances du processus de RI, c'est-à-dire les habiletés à s'approprier un processus de recherche d'information. Toutes

cette typologie de connaissances permettent d'établir la manière d'aborder et de résoudre un problème de RI.

2. Vers de nouvelles pratiques de navigation

Alors qu'internet est devenu l'un des principaux modes d'accès à l'information, nous recherchons de plus en plus de l'information en utilisant des moteurs de recherche tels que Google par exemple. Les résultats correspondant prennent la plupart du temps la forme de listes de documents, classés par ordre de « pertinence » et « énumérative ». Paradoxalement, et en apparence, ces moteurs de recherche, très largement utilisés, ne satisfont pas forcément leurs utilisateurs. Véronis (2006), qui a établi un classement de cinq moteurs de recherche, montre qu'aucun d'entre eux n'atteint la moyenne en termes de satisfaction des utilisateurs, et plus précisément en termes de pertinence des résultats. « Google » et « Yahoo ! » arrivent en tête du classement avec une note de 2,3 sur 5. La note la plus basse est attribuée au moteur « Voila, » avec 1,2 sur 5. L'auteur explique la faiblesse de ces scores très bas par une proportion importante de résultats qui ne corresponde pas à la thématique recherchée. Autrement dit, qui ne correspond pas à la requête, et qui ne sont pas toujours pertinents. L'usage des moteurs de recherche, contraint donc le parcours de l'utilisateur, là où il faudrait peut-être lui donner plus de liberté. En effet, un des meilleurs moyens pour l'utilisateur, d'obtenir l'information pertinente dans un système de RI, est de lui permettre d'avoir plus de liberté d'agir, tout en lui faisant apparaître les informations de diverses natures dans l'ensemble des résultats présentés. L'utilisateur peut alors naviguer, voire les explorer, en sélectionnant celles qui lui paraissent pertinentes.

Plusieurs disciplines se sont intéressées aux pratiques de navigation, chacune en fonction de son point de vue. L'informatique par exemple, dans la mesure où la recherche d'information passe de plus en plus par des documents numériques et fait intervenir différents langages ou programmations. Mais ce n'est pas le seul champ scientifique qui s'est penché sur la question. Les sciences du langage, l'ergonomie cognitive, la psychologie cognitive, les sciences de l'information, entre autres, apportent une contribution importante. Alors que ces sciences donnent des points de vue intéressants, l'ergonomie quant à elle, s'intéresse à la recherche d'information et notamment à la navigation en tant qu'activité cognitive et interaction homme/machine.

Dans un document non linéaire, l'utilisateur est obligé de naviguer d'une partie à une autre (d'un lien à un autre dans le cas d'un document numérique) selon plusieurs méthodes. C'est ainsi que (Giry et al.1996) défendent l'idée qu'il existe plusieurs pratiques de navigation dans les stratégies d'apprentissage orientées vers la construction de sens ou de savoir. Ils décrivent cinq formes de navigation :

- La navigation stimulée : le document nous entraîne à naviguer pour qu'il prenne du sens,
- La navigation guidée : lorsque le lecteur fixe un but explicite,
- La navigation motivée : c'est la curiosité du lecteur qui est éveillée,
- La navigation exhaustive : le lecteur essaye d'avoir la totalité des informations,
- La navigation aléatoire : dans un contexte d'apprentissage, l'utilisateur crée lui-même les liens entre les nœuds sans qu'une relation sémantique évidente associe ces nœuds (Giry, 1996). Ces différents modes de navigation peuvent être réduits à deux, si on considère les deux démarches d'appropriation des données (linéaire et non-linéaire).

Dans ce sens, Cartier (1990) par exemple, annonce « comme il existe plusieurs approches à la connaissance, il existe donc au moins deux modes d'appropriation de l'information qui sont liés au travail des deux hémisphères corticaux : la démarche linéaire qui utilise la logique de l'arborescence classique... La démarche non linéaire qui est plus intuitive. Elle offre un accès multicritères... ». En partant de cette réflexion, on peut en déduire deux types de navigations à savoir :

- une navigation séquentielle, c'est-à-dire une navigation qui doit prendre en considération les différents niveaux du document. Elle correspond à la lecture d'un document papier dans sa totalité du début à la fin, ou en accédant à la partie ou à la section qui intéresse l'utilisateur.
- une navigation non séquentielle : c'est celle qui parcourt les parties du document qui sont pertinentes pour l'utilisateur. Dans ce cas, l'utilisateur va choisir les parties à consulter et l'ordre de consultation. Dans la première forme de navigation, l'utilisateur n'a qu'un seul choix pour atteindre son objectif et il doit procéder en plusieurs étapes avant d'aboutir à la partie du document qu'il souhaite consulter. Dans la deuxième forme de navigation, l'utilisateur va être guidé pour atteindre son objectif de manière plus rapide. En effet, en fonction de la structure du document qu'il a en face de lui et de son objectif de recherche, il se positionne directement sur la partie du document qui l'intéresse. Ce mode de navigation suppose d'une part, une bonne connaissance de la structure des documents et d'autre part, des connaissances dans le domaine de la navigation. En fait, il n'existe pas une seule forme de

navigation mais des pratiques de navigations qui correspondent à un processus d'aide à la construction du sens et du savoir.

3. La navigation à l'écran implique des interfaces adaptées

La navigation dans un document numérique décrit principalement, l'aptitude qu'à l'utilisateur de circuler entre les différentes parties d'un document. Cartier définit la navigation comme étant « la science des enchaînements des images écran qui supporte la suite de décisions prises par l'utilisateur, dans le dialogue homme-machine, c'est essentiellement la capacité de l'homme à traiter des informations symboliques qui est mise en jeu ». Il ajoute que : « La navigation est un processus fragile et complexe. Elle dépend à court terme du milieu et du moment donné, et à long terme des modèles culturels d'accès à la connaissance dont s'est doté progressivement l'utilisateur tout au long de sa vie, en particulier de ses images opératives » (Cartier, 1990). La navigation à l'écran suppose un travail préliminaire de présentation de l'information. Cette présentation n'est pas sans influence sur l'utilisateur. Selon l'auteur : « Les gens lisent l'information présentée à l'écran, sans se douter que la façon dont celle-ci est affichée est tout aussi importante que la technologie employée. Parce que les images écran forment un « continuum mental » avec les structures cognitives de l'utilisateur, la médiatisation de l'information peut modifier sa façon de penser, donc l'accès à la connaissance » (Cartier 90). De ce fait, la conception d'un document numérique dans la présentation et l'affichage de l'information à l'écran est très importante. C'est cette conception qui va agir par la suite sur la représentation mentale du document de l'utilisateur et sa navigation à l'écran. Toutefois, l'utilisateur peut avoir à l'esprit les influences de la conception d'une page lors de sa navigation. En effet, il doit construire lui-même le sens de l'information présentée.

La navigation à l'écran est facilitée par les liens qui l'aident à pointer directement sur l'information dont il a besoin. La stratégie de navigation décrit le choix d'une séquence comportementale (ici des déplacements) en fonction d'un but à atteindre, dans un environnement donné. La représentation du but, la représentation de l'environnement et les moyens dont dispose l'utilisateur, ont un effet important sur ce choix et sur la forme de la séquence. La question que l'on peut se poser est la suivante : quels liens y a-t-il entre le parcours d'un utilisateur dans un document numérique et l'activité cognitive étudiée ?

L'intérêt de ce questionnement est que si l'on arrive à montrer que telle caractéristique du parcours correspond à telle autre caractéristique de l'activité cognitive, on peut mieux comprendre la stratégie en question et améliorer ainsi le système. Pour décrire une stratégie de navigation il faut repérer quelles informations, l'utilisateur doit trouver pour réussir sa tâche (notion de pertinence de l'information), comment doit-il y aller ? (définition de parcours), et repérer comment et où le sujet est réellement allé quand il a accompli la tâche.

4. la cognition externe

Sous l'angle de la psychologie cognitive, bon nombre de recherches sur la résolution de problèmes ont montré que, lorsque l'utilisateur a besoin de raisonner avec un certain niveau de difficultés et avec une certaine quantité d'informations, il utilise de manière fixe des supports externes pour l'assister, comme par exemple, un tableau pour synthétiser des données, une feuille de papier pour effectuer un calcul... Ce principe est appelée la « cognition externe » (« *external cognition* ») [Scaife & Rogers, 1996].

La citation suivante est extraite du livre « *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine* » de Donald Norman [Norman, 1993]; Elle exprime sa vision de la cognition externe qu'il nomme « aides externes »: « *The power of the unaided mind is highly overrated. Without external aids, memory, thought, and reasoning are all constrained. But human intelligence is highly flexible and adaptive, superb at inventing procedures and objects that overcome its own limits. The real powers come from devising external aids that enhance cognitive abilities. How have we increased memory, thought, and reasoning? By the inventions of external aids: It is things that make us smart* » (Norman, 1993). Pour illustrer ce propos, nous pouvons prendre un exemple significatif de l'efficacité et du rôle de la cognition externe : l'addition. C'est une opération arithmétique. Elle peut « se faire de tête » lorsqu'il s'agit d'additionner mentalement $2+2$. Mais lorsque les valeurs additionnées sont de plus en plus grandes, il devient alors laborieux d'effectuer ce calcul « de tête » seulement. Par exemple, si on veut additionner « $4589+9498$ », le calcul mental est plus difficile. Bien sûr, en se concentrant on pourrait la réaliser. Mais en l'écrivant, on simplifie énormément sa résolution et pour y parvenir, la solution la plus commune est d'utiliser un papier et un crayon et de « poser » l'opération suivante :

4589

+ 9498

14087

Ce type de représentation est un exemple de cognition externe, dont le gain d'efficacité est évident. La question que l'on peut éventuellement se poser alors, est de savoir pourquoi une aide externe (tel que le papier / crayon) facilite-t-elle le calcul et le raisonnement ? Si on reprend l'exemple en question, la difficulté réside dans la mémorisation des retenues et des différents résultats intermédiaires. Pour contourner cette difficulté liée à cette absence de « mémoire », la feuille de papier sert, en quelque sorte, de support externe, et l'opération est représentée de manière graphique. Le papier joue alors le rôle d'extension de la mémoire (Card et al. 1999). L'utilisation d'un support externe (dans notre exemple : le papier) permet ainsi de décharger la mémoire de travail. Le support externe est qualifié de « représentation externe ». La représentation externe est perçue, analysée puis traitée par le système perceptif, qui en extrait les informations. Tout ce traitement, correspond au mécanisme de la vision. Les représentations externes exercent donc le rôle d'aide-mémoire en permettant d'une part, d'étendre la mémoire de travail et d'accéder à des informations non mémorisées, et d'autre part, en permettant de partager des connaissances.

On sait encore peu de chose sur le concept de visualisation mais les prémices de la visualisation en tant que support à la cognition apparaissent en 1786 avec les travaux de transposition graphique de statistiques de William Playfair (Tufte, 1983). « Le but de la visualisation est l'amplification cognitive en termes d'acquisition et d'utilisation de l'information (baisse des efforts dans la recherche d'information, utilisation des représentations visuelles pour augmenter la détection des formes, autorisation d'association d'idées, emploi de mécanismes d'aide à la compréhension) (Polanco 2002)».

Discipline dont l'émergence est liée au développement des HIM, la visualisation d'information a pour but d'aider l'utilisateur à mieux se représenter un espace d'information. Elle fait intervenir étroitement 3 disciplines dans l'élaboration des interfaces graphiques :

- La psychologie (Ergonomie, cognition, perception...)
- L'informatique (structures des données...)
- Le design et l'architecture d'information (infographie, nouvelles formes de représentations...).

Card (1999) voit dans la visualisation d'information une amplification de la cognition. Elle allégerait les processus de la mémoire en libérant des ressources cognitives pour aborder d'autres tâches. Elle permettrait de mieux localiser l'information recherchée et d'avoir une meilleure représentation de l'information adéquate. Elle apporterait une meilleure perception de l'information en la rendant plus manipulable.

5. la visualisation d'information, support à la navigation

La recherche d'information est menée aujourd'hui par l'intermédiaire des systèmes de recherche d'information que l'on trouve majoritairement sur le Web et par la médiation d'interfaces textuelles et/ou graphiques interactives. Dans ce contexte, les utilisateurs se heurtent à de nombreuses difficultés pour appréhender la quantité croissante de données, à s'orienter dans ces espaces virtuels et à repérer les sources pertinentes en relation avec ce qu'ils cherchent. En effet, avec la multiplication des documents numériques sur le web, les utilisateurs qui cherchent une information se retrouvent la plupart du temps, face à une véritable montagne de documents difficiles à consulter. Les résultats de la recherche sont affichés page par page, ce qui ne facilite pas la vision globale du résultat. Pour obtenir une vision globale, l'utilisateur doit visiter chacun des documents, un à un, pour en apprécier la réelle pertinence et identifier les liens potentiels entre ceux-ci. De ce fait, on comprend mieux que l'utilisateur se contente de sélectionner les plus importants en occultant le reste des résultats. C'est pour remédier à cet état de fait que des travaux ont été réalisés dans le domaine des interfaces de visualisation. Leur but est de proposer à l'utilisateur un moyen efficace pour apprécier et manipuler les résultats de recherche d'information dans leur globalité. Le cadre de notre étude vise notamment, à aider les utilisateurs dans de telles situations, en leur proposant une aide pour appréhender et accéder à l'information pertinente. Nous supposons que les systèmes dits « classiques » ne prennent que très peu en considération le point de vue de l'utilisateur, et ne lui permettent pas d'appréhender globalement et de manière satisfaisante, le résultat de sa recherche.

Nous faisons l'hypothèse que de nouvelles aides ou dispositifs, dans des tâches d'accès au contenu d'ensemble de documents, doivent tout d'abord prendre en considération le point de vue de l'utilisateur. Ensuite, pour que ce dernier puisse réellement accéder à l'information pertinente, nous pensons qu'il est nécessaire de le laisser visualiser l'ensemble des documents et interagir avec cet ensemble, en passant par exemple d'une vue globale de l'information, à

une vue plus locale. Ce principe fondamental en visualisation est appelé « focus contexte » puisqu'il consiste à faire apparaître les détails d'un élément choisi (vue locale), cet élément étant lui-même maintenu dans son contexte d'ensemble qu'il est possible d'afficher à nouveau à tout moment (vue globale).

L'utilisateur est alors laissé libre de passer interactivement d'un niveau de visualisation à un autre, ceci afin de lui permettre de réaliser sa propre appropriation de l'ensemble, et ainsi réaliser ses propres parcours, en lui permettant de parvenir au but de sa recherche.

Face à un afflux croissant d'informations, l'utilisateur use naturellement des représentations externes pour l'aider. Dans un processus d'acquisition ou de résolution de problèmes, la visualisation peut l'aider à dépasser les problèmes, qui peuvent être dus aux limites de la mémoire de travail. La visualisation peut être considérée comme un outil, capable d'assister l'utilisateur dans son raisonnement. Elle permet d'une certaine manière, d'amplifier la cognition en jouant le rôle de support de la pensée. En effet, l'utilisateur a besoin de se faire une idée globale des données qu'il consulte, par une vue d'ensemble. Il identifie par la suite les éléments qui l'intéressent, et il se focalise sur un ou plusieurs d'entre eux. Pour analyser ces éléments, l'utilisateur cherche à accéder au détail des données. Il s'agit pour lui d'avoir une compréhension qualitative du contenu de l'information. Dans la consultation d'un document numérique, il existe encore peu de possibilités de pouvoir obtenir des informations préalables quand l'utilisateur survole les liens d'une page. Néanmoins, certains sites proposent une vue réduite de la page qui doit apparaître, permettant ainsi de visualiser le contenu sans pour autant accéder à l'information pertinente. La figure 15 présente un exemple de prévisualisation du site de l'Université de Bourgogne sur une page Google :

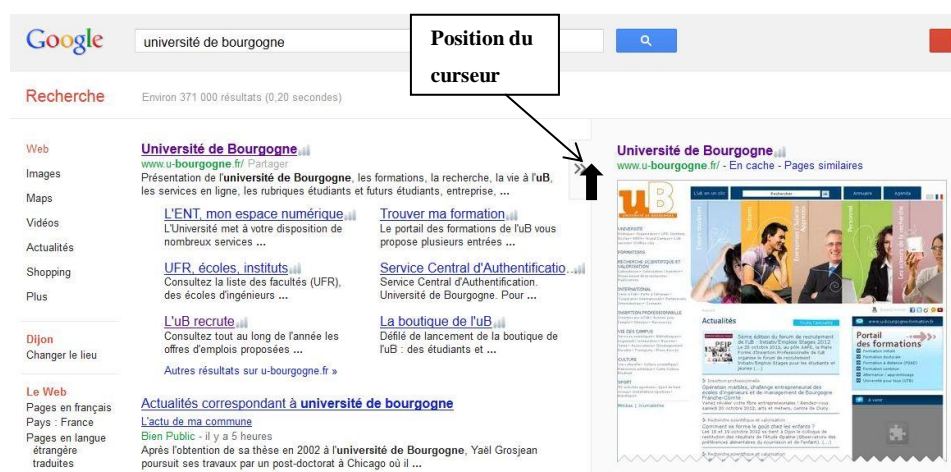


Figure 15: exemple de prévisualisation sur une page Google (le curseur positionné permet de pré visualiser la page d'accueil du site de l'Université de bourgogne).

Dans une certaine mesure, la visualisation de l'information n'a de sens que dans la simplification qu'elle apporte à l'utilisateur dans sa démarche d'exploration et de recherche d'information dans un système. Cependant, nous nous sommes demandé comment l'utilisateur pouvait interagir avec ce type de dispositif. Dans les interfaces actuelles, les résultats des actions de l'utilisateur sont immédiatement restitués de façon continue, les commandes des applications sont visibles et les documents peuvent être édités tel qu'ils se présenteront à la fin. Les documents sont manipulés via des intermédiaires graphiques comme la fenêtre, l'icône, le menu et le curseur (WIMP : *Window, Icon, Menu and Pointer device*). Les icônes sont des représentations graphiques des documents ou des applications. Les documents sont « ouverts » dans des fenêtres et celles-ci pouvant être réduites, chevauchées et placées côte à côte, constituant une « métaphore intuitive » pour qu'il soit possible de travailler avec plus d'un document en même temps. La gestion de plusieurs documents dans les interfaces est une problématique assez ancienne. Les fenêtres des documents se chevauchent lorsqu'elles sont nombreuses. Passer d'un document à un autre n'est pas une opération simple. Cela ne peut pas être réalisé sans que l'utilisateur ne focalise son attention sur cette opération pouvant ainsi perdre de vue l'objet de sa recherche et ne plus savoir ce qu'il consulte. Plusieurs études (Agosti, et al. 1996), (Baeza-Yates, et al. 1999) ont été réalisées dans le but de montrer les difficultés à se repérer et à se déplacer dans un document, et surtout, à se faire une représentation mentale de la structure du document. Toutefois, face au nombre grandissant de données numériques et face à la diversité des tâches qu'il faut réaliser, les interfaces de ce type, semblent de moins en moins adaptées aux conditions d'interaction actuelles.

5.1 Les effets bénéfiques de la mise en escamot d'information

Peu de travaux ont été réalisés dans la littérature sur l'utilisation des fenêtres escamotables (terme pour désigner des dispositifs d'affichage de micro-contenu, de type fenêtre ponctuelle ou « Pop-up). Les plus connus en anglais, sont ceux de Stark (1990), et en France, ceux de Bétrancourt & Bissieret (1993) et un plus tard, ceux de Caro (1995) puis ceux de Jamet & Erhel (2006). Les études menées par ces auteurs sur l'utilisation des fenêtres escamotables, ont montré que les utilisateurs perçoivent effectivement et plutôt positivement ces escamots. Ils donnent une définition assez précise du terme escamot : « ensemble d'informations intégrées dans une fenêtre déroulante qui n'apparaît qu'à la demande de l'utilisateur (...). (Il

permettra de) faire apparaître un sous-texte en cliquant sur un mot ou un icône à l'aide de la souris. Une fenêtre contenant le sous-texte vient alors au premier plan et disparaît de nouveau sur une action de l'utilisateur. Ce sous-texte contient généralement des informations complémentaires pour le texte figurant dans la fenêtre principale » (Bétrancourt & Caro 98). Les escamots permettent de distinguer les informations essentielles de celles qui sont complémentaires. D'après Caro (1995) : "Une idée qui semble intéressante est que les escamots soient un moyen de faire face à un des problèmes principaux liés à la consultation d'information sur écran : distinguer les contenus essentiels du texte des explications complémentaires".

L'intérêt de présenter une information en escamot est d'avoir une vue réduite du document sans être privé de la vue globale. Ce qui présente plusieurs avantages, notamment celui : de réduire la densité d'information présente sur l'écran et d'intégrer des éléments textuels à des éléments illustrés ; de pouvoir proposer une distinction entre les informations principales, et les informations secondaires, consultables seulement si l'utilisateur le souhaite. L'escamot apparaît comme un dispositif efficace dans la consultation d'informations sur écran, car il permet à l'utilisateur de différencier les contenus essentiels des textes et les explications complémentaires. Par exemple, il peut parcourir un document, positionner le curseur de la souris et cliquer ou non, soit sur l'icône, soit sur le lien, pour faire apparaître l'information complémentaire, celle-ci s'affichant soit à côté, soit au-dessus du texte principal. La présentation d'une information en escamot permet donc à l'utilisateur de mieux la mémoriser. Les figures 16 et 17 présentent une zone de consultation par activation d'un escamot (Caro & Bétrancourt, 1998).



Figure 16: zone de consultation par activation)



Figure 17: activation d'un escamot

Des expériences menées par Stark (1990) montrent que ces escamots favorisent le rappel des informations et ne perturbent pas l'intégration de l'information qu'ils renferment à l'ensemble du texte. Une autre expérience (Bétrancourt & Bissieret, 1993) sur l'utilisation d'escamots dans

l'interaction texte/figure montre qu'elle permet de soulager l'utilisateur d'une contrainte liée à une surcharge de l'écran. D'autres expériences menées par Caro, montrent que la présence d'escamots n'influence pas le temps de lecture global du texte, même si l'on inclut le temps de manipulation de la souris. Dans une expérience avec des étudiants, Caro & Betrancourt (1998) ont comparé l'effet d'une mise en escamot de passages secondaires par rapport à une mise en forme classique, avec une tâche de recherche d'information (version parenthèse vs version escamot). L'hypothèse testée, était que la présentation en escamot, diminue les temps de recherche. La mesure principale utilisée, était le temps de recherche d'information. Les résultats ont montré que les sujets en condition escamots, étaient significativement plus rapides que les sujets en condition parenthèses, aussi bien pour les recherches d'information secondaires, que pour les informations principales (affichées en permanence sur l'écran). Pour l'assimilation et la reconnaissance, ces escamots sont favorables, ils ne perturbent ni l'assimilation des informations du texte principal ni l'assimilation de celles placées en escamots. De plus, ils limitent la présence permanente à l'écran des informations secondaires.

5.2 Techniques de visualisation

Plusieurs travaux ont été proposés dans le but d'exposer une classification des techniques de visualisation. Ce que Shneiderman & Plaisant (2005) présente comme l'« *Information seeking Mantra* » - « *Overview first, zoom and filter, and then details-on-demand* » est une exploration visuelle de données, obéissant à un processus en trois phases:

- Vue d'ensemble
- Zoom et filtrage
- Détails à la demande

Ces travaux tendent de répondre à deux problématiques imbriquées de la visualisation et du repérage de l'information. Nous abordons tout d'abord, les interfaces zoomables et le zoom sémantique. Nous parlons ensuite, des interfaces utilisant des méthodes de filtrage de l'information (Hascoet, 2001) (Pook, 2000).

5.2.1 Vue d'ensemble et zoom

Les utilisateurs gagnent à percevoir les collections entières de documents ou de données dans leur ensemble. Les systèmes qui délivrent de l'information doivent permettre aux utilisateurs d'obtenir une compréhension globale d'un espace d'information et surtout de pouvoir porter

leur attention, sur la ou les zones de l'espace qui les intéresse. Toutefois, même lorsqu'un utilisateur est en train de porter son attention, sur un espace réduit d'un ensemble de documents, il doit pouvoir se repérer par rapport à l'espace entier. Cette possibilité doit lui permettre de comprendre, les informations visibles et celles qui sont situées dans d'autres parties de l'espace. Mais la problématique qui se pose, est de savoir comment afficher les détails d'une information de manière visible, sans faire abstraction du contexte dans laquelle elle se trouve. L'utilisateur risque de se sentir désorienté si la quantité d'information du contexte est insuffisante. Des études en perception visuelle ont en effet montré, que l'être humain appréhendait mieux les informations en allant du général au particulier, car il a une perception d'abord globale d'une scène avant de porter son attention aux détails (Hascoët, 2004).

Les interfaces zoomables représentent un système de visualisation assez prometteur pour présenter de grands espaces d'information. Elles reposent sur le concept de zoom sémantique. Elles permettent aux utilisateurs de trouver l'information dans une base de données. L'interaction avec ces interfaces implique une utilisation fréquente de certaines commandes. Les plus importantes sont « zoomer » (agrandir) et faire défiler la vue (se déplacer dans l'espace). Les utilisateurs voient une vue très partielle de l'espace d'information qui contient peu d'information contextuelle. Le zoom est en quelque sorte une façon de concilier la vue globale, et de permettre aussi, aux utilisateurs d'accéder aux détails. Un zoom avant révèle ces détails tandis qu'un zoom arrière révèle le contexte. On peut distinguer 2 types de zoom : le zoom infini et le zoom sémantique. Le premier est un changement d'échelle sur la représentation qui est alors considéré comme une image, ce mode est considéré comme peu intéressant, dans le cas de la visualisation de l'information. Le second en revanche, l'est beaucoup plus, car chaque niveau de zoom correspond, à un niveau différent de la hiérarchie. L'utilisateur peut sélectionner un élément ou un groupe d'éléments, et cliquer sur l'élément en question, les détails apparaissant alors dans un escamot. Cette possibilité donnée à l'utilisateur, est très importante, car elle permet à l'utilisateur, de pouvoir visualiser les données qui l'intéressent, tout en gardant disponibles les autres informations.

Les techniques de filtrage reposent sur le même principe que les interfaces zoomables : elles permettent de spécifier des catégories pour visualiser un sous ensemble des données. Le niveau de détail varie donc dans le temps.

5.2.2 L'effet fish eye

La technique du fish-eye (œil de poisson) s'apparente sur certains points à la technique de zoom, puisqu'elle permet de focaliser l'attention de l'utilisateur sur des éléments précis d'un ensemble, en donnant à celui-ci, la possibilité de toujours garder le contexte en vue. C'est en quelque sorte un zoom local, une loupe posée à un endroit précis.

Une vue fish-eye est une vue déformée d'un ensemble d'informations consistant à faire apparaître une information au premier plan, de taille satisfaisante, et de faire apparaître toutes les autres informations de taille inversement proportionnelle à la distance à l'information principale. L'utilisateur ne perd pas le contexte mais déforme sa vision globale (comme la vue d'un poisson ou d'une mouche). Cette technique peut par exemple rendre méconnaissable une carte des Etats-Unis, mais clairement faire apparaître des informations sur St Louis et sa région qui est pourtant petite à l'échelle nationale. La vue en œil de poisson ne permet pas une comparaison aisée entre deux éléments détaillés (à moins qu'ils ne soient très proches).

Le fish-eye peut s'appliquer à tous types de données, voire même à tous types d'affichage sur un tableau de données, sur un graphe, sur un site (Figure 18). L'utilisateur zoome sur la page d'origine du site. La taille de cet élément grossit et son contenu commence à apparaître de manière visible.



Figure 18: fish eye (site Crédit Mutuel)

5.2.3 Les différents types de multiplexage (S.POOK, 2001)

Les systèmes de vues multiples offrent une ou plusieurs vues détaillées, dans un espace d'information. Ces vues peuvent montrer plusieurs zones de l'espace d'information, ou la même zone mais avec différentes forme de représentations. Ce qui implique que l'utilisateur doit intégrer mentalement ces différentes régions de l'espace, pour avoir une compréhension globale de leurs positions (Bartram et al.1995). La technique de visualisation proposée par S. Pook et inspirée de (Herman, 2000) est basée sur un système de vues multiples, illustré ici, par trois types de multiplexage: le multiplexage temporel, spatial et en profondeur.

Le Multiplexage temporel : les techniques de multiplexage temporel sont essentiellement basées sur la navigation multi échelle. Les différentes parties des données sont affichées au même endroit et à un moment différent. Ce qui est affiché à l'instant T est contrôlé par le système ou directement par l'utilisateur. Pook explique que l'inconvénient majeur de cette technique, est que l'utilisateur doit mémoriser ce qu'il a vu précédemment avec ce qu'il voit par la suite.

Le Multiplexage spatial : les vues « *overview* + *détail* » ou bien les vues « Focus + Contexte » (la vue courante est affichée en même temps que la vue zoomée) sont des techniques qui permettent à l'utilisateur de voir plusieurs parties de l'information. Autrement dit, des représentations différentes qui s'affichent au même moment. Généralement, la vue zoomée (*Détail*) prend tout l'écran, et la vue générale (*Overview*) est située au premier plan dans un coin de l'écran. Cette technique permet à l'utilisateur de connaître la position de la vue zoomée dans la vue générale et lui évite donc, d'effectuer des zooms arrière pour se repérer. Le multiplexage spatial présente donc l'avantage d'afficher des parties des données distinctes simultanément mais dans des espaces séparés de l'écran. L'inconvénient réside dans le fait que l'utilisateur doit consacrer du temps et de l'espace à se déplacer d'une partie à l'autre de l'écran. Le Multiplexage en profondeur : la technique du multiplexage en profondeur permet de réduire la distance entre le fond et la surface du document permettant à l'utilisateur de mieux visualiser les données qui l'intéresse. Les différentes données sont superposées au même endroit sur plusieurs « couches ». La vue zoomée est affichée en dessous de la vue courante grâce à un effet de transparence (Figure 19).



Figure19: vue en profondeur (site Crédit Mutuel):

Cette technique est notamment décrite dans Zoomit (Pook 00) qui est une interface zoomable de navigation dans une bibliothèque numérique. Selon l'auteur, quand l'utilisateur réalise un zoom de manière continue dans une partie du document, deux couches viennent se superposer via un mécanisme de transparence : l'une représentant la vue globale et l'autre représentant la vue courante. L'utilisateur peut donc facilement distinguer les deux couches. La couche de contexte apparaît de manière éphémère et s'affiche uniquement quand l'utilisateur le souhaite. Durant son utilisation, elle vient se superposer en transparence à la vue principale (le focus). L'affichage de cette couche est temporaire de manière à ne pas surcharger l'écran, dès lors que l'utilisateur n'éprouve pas le besoin de voir le contexte. Elle disparaît dès que l'utilisateur termine le geste qui a provoqué son apparition à l'écran (Figure 20).

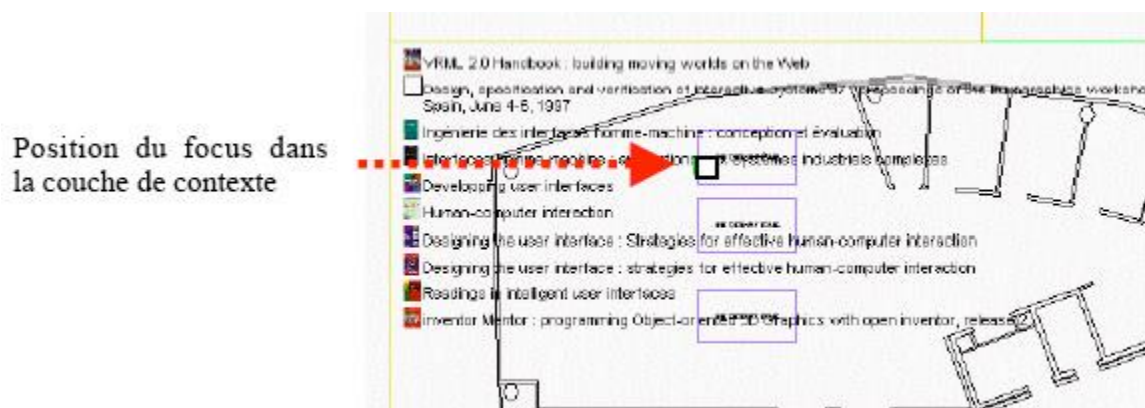


Figure 20 : Dans Zoomit, les deux couches sont plus facilement discernables grâce aux mouvements initiés par l'utilisateur lors d'un zoom (Spook, 2000).

L'utilisation de la transparence a également un intérêt : elle permet d'« apercevoir » le contenu d'une page avant de l'avoir complètement ouvert. La transparence permet de passer très rapidement de la vue d'une page à une autre et ainsi de suite. L'utilisateur peut ainsi, généralement en un seul geste, déplier une page, voir si son contenu lui convient, et, selon le cas, continuer à déplier ou au contraire revenir en arrière. L'opération assure une continuité spatiale qui facilite la compréhension par l'utilisateur de ce qu'il est en train de faire. Cette technique introduit une notion d'immersion car l'utilisateur « plonge » en profondeur dans un espace numérique. L'intérêt de cette technique réside dans le fait que l'utilisateur peut visualiser plusieurs vues sur le même espace écran et au même moment.

Les techniques « Focus + Contexte » présentées dans ce chapitre avaient pour objet de faciliter la navigation dans un corpus d'information en usant de représentations et de méthode d'interaction appropriées. Les interfaces zoomables semblent représenter à la fois un outil et un mode de navigation novateur conciliant ainsi le niveau de détail fourni avec le niveau d'intérêt de l'utilisateur. Les représentations « Focus + Contexte » proviennent des recherches issues du domaine de la visualisation de l'information. Ce nouveau domaine cherche à définir et à mieux préciser des techniques de représentation efficaces sur le plan perceptif et cognitif. Ce domaine emprunte de nombreuses techniques particulièrement tridimensionnelles ou multi-échelles. L'intérêt de ces nouvelles techniques est d'introduire une nouvelle forme de gradualité avec des échelles variables des représentations graphiques : une représentation fish eye permettant d'afficher un grand nombre d'éléments dans la zone écran allouée combinée à une technique de zoom sémantique. La fluidité de l'interaction est essentielle pour accéder facilement aux éléments pertinents du corpus d'information.

L'exploration rapide d'un ensemble d'information dans un système est rendue possible grâce à ces nouvelles techniques. L'interaction rend possible l'exploitation des vues d'ensembles car l'être humain est particulièrement habile à extraire des informations d'un environnement. Il faut agir pour percevoir et il faut percevoir pour agir. La perception est indissociable de l'action. (Gibson, 1979). Par l'interaction sur des données, l'utilisateur peut agir sur ce qu'il perçoit et par l'extraction, mieux comprendre la nature des données ou de leur processus de représentation.

L'objectif de notre étude est de tester un nouveau dispositif de prévisualisation qui utilise la transparence et une vue fish eye. Quatre expériences ont été conduites pour déterminer les effets de ce dispositif. La méthodologie utilisée pour obtenir les résultats qui suivent est ainsi

basée sur l'expérimentation, avec des groupes d'utilisateurs qui accomplissent une tâche définie dans laquelle des facteurs varient (le type de modalité, le temps de consultation, le nombre de pages consultées, nombre de consultations de la consigne...etc.). Les résultats obtenus sont présentés pour un type de tâche donnée (recherche d'information) et dans un environnement donné (matériel utilisé, conditions, lieu de passation, etc.). Dans le chapitre suivant, nous détaillons le cadre des expérimentations et des facteurs contrôlés. Ainsi, nous présenterons donc le choix de la thématique, la méthodologie à savoir la procédure expérimentale, les caractéristiques des sujets et enfin l'analyse des protocoles et statistiques utilisées.

Chapitre 10 : Problématique et cadre général des expérimentations

I. Problématique de recherche

L'objectif de notre recherche est d'étudier et d'expliquer les effets d'un dispositif technique permettant d'améliorer la planification de recherche d'information tout en libérant les ressources de la mémoire de travail. C'est l'interaction entre ce dispositif et l'utilisateur qui est explorée en faisant intervenir plusieurs champs disciplinaires : la psychologie cognitive, l'ergonomie cognitive, les sciences de l'information et de la communication.

Plus précisément, il s'agit d'examiner l'effet induit d'une modalité dite « plan » ou « transparente » par rapport à une modalité habituelle de recherche. La comparaison de ces deux modalités est testée dans le cadre d'une tâche de recherche d'information avec une population (jeune *vs* âgée) navigant sur un site web d'agence immobilière. Ce site est présenté dans deux conditions expérimentales (sauf expérience 2). Sa spécificité réside dans le mode de consultation. La première « Normale » est caractérisée par un mode de consultation classique où l'utilisateur doit, pour parvenir à l'information recherchée, naviguer de pages en pages. La seconde condition « Plan » présente un mode d'affichage sous la forme d'une arborescence où l'utilisateur peut se déplacer de lien en lien avec la possibilité de pré visualiser l'information pertinente. Nous étudions également la charge mentale de chaque utilisateur par la mesure subjective de la charge cognitive consentie selon la modalité (normale *versus* plan). La théorie de la charge cognitive permet de rendre compte de l'effort mental déployé au cours de la tâche. Une charge extrinsèque importante aura tendance à limiter la mobilisation de ressources liées à la charge utile, alors que la réduire pourrait libérer des ressources favorisant ainsi l'accès à l'information pertinente. Dans cette étude, la manipulation précise du type de modalité et le contrôle de certains facteurs permettent de mieux comprendre la nature des effets observés. Pour mieux préciser ces effets, plusieurs hypothèses ont été émises.

Le sujet dispose au départ d'un but précis qu'il a reçu (consigne de recherche). La réalisation de ce but nécessite un traitement (identification, compréhension) d'une quantité variable d'information selon la consigne donnée. Cette quantité d'information parvenant en mémoire de travail chez le sujet peut donc entraîner une inhibition des informations jugées peu pertinente ou une localisation et une extraction de l'information pertinente.

1) Nous faisons ainsi l'hypothèse que la modalité Plan réduit le temps de recherche quel que soit l'âge des sujets. Cette modalité permet ainsi de localiser et d'extraire plus rapidement l'information pertinente.

2) les nombreuses études sur la mémoire de travail ont permis de démontrer qu'elle était limitée. Ces limitations peuvent donc gêner la formation du but de recherche ou le stockage des informations dans la mémoire à long terme. Il est donc essentiel de déterminer le niveau de charge mentale. Si l'accès à une modalité Normale incluant des opérations mentales coûteuses engendre une charge cognitive plus importante qu'une modalité Plan permettant de les réduire, alors cette dernière devrait entraîner des effets significatifs sur la charge mentale. En examinant les contraintes imposées par le système cognitif lors du processus de recherche, nous faisons l'hypothèse que la modalité plan entraîne une réduction de la charge cognitive des sujets. Confrontés à la modalité Plan, ceux-ci alloueraient moins de ressources cognitives à leur activité de recherche d'information, réduisant ainsi la charge cognitive inutile.

3) la troisième hypothèse est que la prévisualisation des données dans la condition plan entraîne une réduction des temps de recherche.

4) la quatrième hypothèse est que la prévisualisation entraîne une baisse de la charge cognitive chez les sujets.

5) la tâche de recherche d'information a été complexifiée en faisant varier le contenu de la question, par l'ajout d'items supplémentaires. La question correspond à la représentation mentale que se fait le sujet de l'objectif à atteindre. Les questions complexes entraînent une fréquence plus élevée de relecture en cours de recherche, ce qui suggère un problème de charge en mémoire de travail. La cinquième hypothèse est que le niveau de complexité entraîne une augmentation du temps de recherche des sujets.

6) nous étudions aussi l'effet de la complexité des questions sur le comportement de recherche des sujets. Pour cela, nous manipulons la variable complexité en mesurant le niveau de charge cognitive des sujets. La sixième hypothèse est que la complexité des questions entraîne une charge cognitive élevée pour les sujets.

Dans le but de valider ses hypothèses, quatre expériences ont été réalisées. Nous avons choisi d'exposer le cadre général de ces expérimentations, d'une part pour éviter autant que possible les éventuelles redondances et d'autre part pour mieux préciser l'ensemble des éléments méthodologiques.

II. Cadre général des expérimentations

La recherche d'information dans les documents numériques est une activité qui met en œuvre des opérations mentales complexes chez des utilisateurs. Cette activité fait l'objet de

nombreuses modélisations tant du point de vue des sciences de l'information que de celui de la psychologie cognitive (Tricot, Pierre- Demarcy & El Boussarghini, 1998 ; Rouet & Tricot, 1998 ; Kolmayer, 1998). Les comportements de recherche d'information ont souvent été étudiés chez des sujets novices et experts.

Les expériences conduites dans cette étude comportent une méthodologie avec plusieurs techniques d'analyse. Pour mieux en mesurer l'efficacité, nous avons choisi de l'exposer dans ce chapitre. En vue d'évaluer de manière objective, les processus cognitifs mis en œuvre durant une tâche et de comprendre la nature du traitement de l'information, nous avons eu recours à différentes techniques, à savoir les mesures « on line », c'est-à-dire l'analyse des temps de recherche, le nombre de consultation de la consigne, le nombre de pages consultées et l'enregistrement des mouvements oculaires (Expérience 2). Ces mesures permettent de mieux contrôler la réalisation d'une tâche, c'est-à-dire la manière dont le sujet traite l'information à partir d'une consigne donnée, et de mesurer son comportement. Cela peut être réalisé en augmentant de manière progressive la complexité de la tâche. Se pose alors le problème de la charge mentale fournie par chaque sujet pendant la tâche. Nous avons donc utilisé des questionnaires « off line » pour mieux évaluer cette charge.

1. Le choix de la thématique

La recherche de logement sur un site web génère un intérêt particulier, dès lors qu'elle incite un sujet à opérer des choix et entraîne de surcroît des processus cognitifs complexes. Dans ce travail, la tâche se caractérise par la recherche d'un logement possédant plusieurs critères (lieu, surface, nombre de pièces, ...) impliquant ainsi une quantité importante d'informations à traiter. Dès lors, les principales étapes du processus de recherche peuvent ainsi mieux être observées, dans la mesure où le sujet doit en permanence évaluer les différentes réponses apportées par le système qui délivre de l'information pour les mettre en adéquation avec le but de sa recherche.

2. Procédures expérimentales et consignes

Les expériences ont été réalisées en passations individuelles dans les locaux de l'Université de Dijon et des associations à but non lucratif. Les passations sont toujours individuelles et se déroulent toujours dans une salle fermée. La durée des passations variait d'un sujet à un autre (de 30 mn à 1h 15). L'expérience ne pouvait démarrer que si le sujet avait compris la tâche à

effectuer et la consigne. La passation expérimentale se déroule principalement en 3 étapes : une phase de familiarisation, une phase de test et une phase de post test. Des modifications ont été apportées à la procédure dans l'expérience 2 concernant la tâche de recherche d'informations, compte tenu du protocole d'enregistrement des mouvements oculaires. Avant de débiter la tâche, les sujets étaient informés de l'enregistrement des mouvements oculaires et le matériel leur était montré.

3. Les sujets

Nous avons pris grand soin de ne retenir que des personnes âgées valides, en bonne santé, vivant indépendamment (non institutionnalisées) et socialement actives (implication dans des clubs ou associations, activités culturelles et/ou sportives...). Aucun participant âgé retenu ne présentait de pathologie avérée ou ne prenait de traitement médicamenteux pouvant affecter ses performances lors des expériences. La majorité des participants âgés a été recrutée dans des établissements scolaires publics et privés, des associations ou des clubs et parfois par le biais d'annonces. Tous les sujets sont au moins titulaires du certificat d'étude primaire. Ils savent utiliser un navigateur internet et manipuler une souris informatique. La population jeune est représentée principalement par des étudiants. Nous avons écartés de manière volontaire tous les sujets n'ayant pas respecté les consignes et ceux présentant des troubles oculaires (Expérience 2) afin d'obtenir des résultats objectifs. Nous avons également écartés les sujets seniors ayant obtenu un score inférieur à 26/30 au *Mini Mental State Examination* (MMSE) de manière à limiter le facteur d'inclusion d'une pathologie liée aux fonctions cognitives.

4. Le matériel

Il comprend un corpus d'environ 300 annonces d'agences immobilières, accompagnées de textes descriptifs présentés sur un Eye Tracker Tobii T 1750 (Figure 21) dans l'expérience 2. Il permet d'enregistrer les mouvements oculaires de chaque participant. Il fonctionne avec des micro-caméras qui concentrent leurs objectifs sur les deux yeux et enregistrent ainsi leurs mouvements lorsque le participant fixe un stimuli. Pour ce faire, elles captent le contraste entre la rétine et la pupille à l'aide d'une projection de lumière infra-rouge en analysant la lumière réfléchiée par la cornée de l'œil humain. Par alternance des réflexions contrastées de la pupille (clair / foncé), il devient donc possible « d'accrocher » le mouvement de l'œil. Ainsi,

dès qu'une première calibration est effectuée l'Eye Tracker fixe des repères sur trois axes dimensionnels et peut analyser les mouvements de la pupille de haut en bas, comme de gauche à droite.



Figure 21 : Eye Tracker Tobii 1750

Le site web Immo 3000 (Figure 22) a été spécialement conçu et développé pour l'expérience. En bas de la page d'accueil, apparaît un escamot qui indique la consigne au sujet : « vous recherchez un studio, surface habitable, 18 m2 »

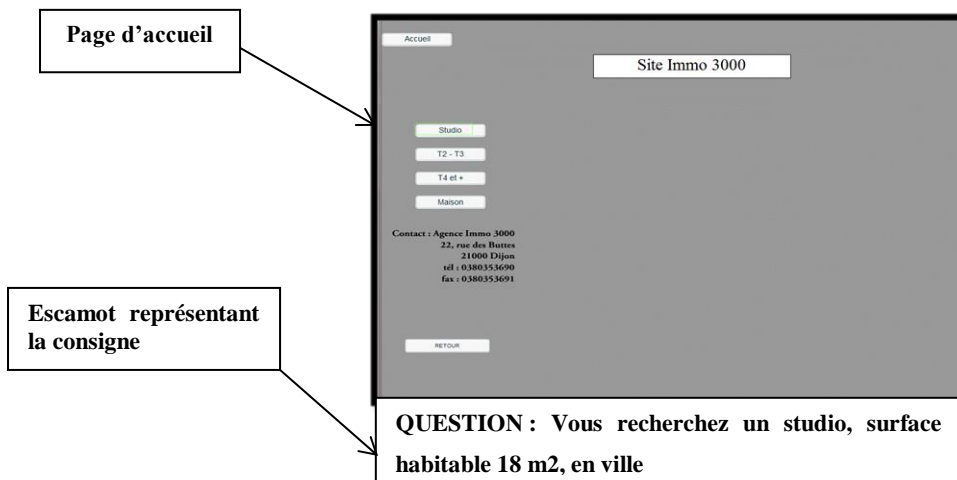


Figure 22 : page d'accueil du site web Immo 3000

Le descriptif des photos renseigne notamment le sujet sur le type de logement (F3, F2, maison...), sa surface habitable, sa localisation (ville, campagne), la présence ou l'absence de garage (Figure 23).



Figure 23: exemple de logement (photo et descriptif)

4.1 Navigation et complexité de la tâche

La base de recherche comprend donc 24 questions avec un degré de complexité débutant à 2 critères ...jusqu'à 7 critères (voir Annexe 12).

5. Méthode d'analyse des protocoles

5.1 Mesures On - Line

De nombreux travaux utilisent plusieurs types de mesures pour évaluer la RI : des mesures on-line et des mesures Off - Line. Les premières consistent à évaluer un document au cours de la tâche et les secondes consistent à l'évaluer après la tâche.

Dans notre étude, nous nous intéressons à la compréhension des processus mentaux de la RI lors d'une tâche de RI. Nous effectuerons des mesures on-line pour analyser des parcours de RI et des mesures off- line pour les mesures après la tâche. L'ensemble de ces mesures permet d'évaluer la RI en analysant le comportement de recherche de l'utilisateur, en référence à des modèles théoriques. Amadiou, Bastien et Tricot (2008) présentent une synthèse des mesures on-line réalisées. Une distinction est faite concernant les mesures d'efficacité du parcours de RI et les descriptions de parcours comme suite d'actions :

Les mesures d'efficacité du parcours de RI permettent d'identifier un taux de précision qui indique dans quelle mesure l'utilisateur a sélectionné des informations pertinentes durant sa recherche, et un taux de rappel qui indique dans quelle mesure l'utilisateur a sélectionné des

informations non pertinentes lors de son parcours. Les indicateurs utilisés pour réaliser ces mesures sont :

- Le nombre total de nœuds ouverts, sur lesquels les utilisateurs cliquent,
- Le nombre de nœuds ouverts plusieurs fois,
- Le nombre de cibles, c'est à dire le nombre de nœuds pertinents par rapport au besoin de l'utilisateur,
- Le nombre de nœuds nécessaires pour trouver une information en réalisant un parcours optimal,
- Le nombre de nœuds cible ouvert par l'utilisateur,
- Le nombre de nœuds cibles nécessaires dans la réalisation d'un parcours optimal,
- Le nombre de nœuds cibles nécessaires dans la réalisation d'un parcours optimal ouvert au moins une fois par l'utilisateur,
- Le nombre de nœuds non pertinents ouverts par l'utilisateur.

Les mesures de l'efficacité des parcours de RI concernent des mesures temporelles (temps de réalisation de la tâche, temps de sélection des documents pertinents), des mesures de redondance (le nombre de nœuds ouverts plusieurs fois) ou encore des mesures de la désorientation (mesure de la distance entre le parcours réalisé et le parcours optimal). L'ensemble de ces mesures permettent d'objectiver la RI en analysant le comportement de recherche de l'utilisateur, en référence à des modèles théoriques.

Dans notre recherche, nous utiliserons le modèle de Rouet et Tricot (1998) comme cadre d'analyse des comportements de RI. Nous utiliserons principalement le temps comme indicateur pour analyser le module Évaluation, des mesures quantitatives pour analyser le module Sélection (nombre de pages consultées) et le module Traitement (nombre de consultation de la consigne). Ces mesures seront analysées au regard de l'effet de facteurs liés à l'utilisateur et à la tâche de recherche d'information, (nombre de nœuds ouverts) et pour analyser les modalités de l'élaboration de l'espace de recherche à partir de la formulation de requêtes (nombre de requêtes lancées et composition lexicale des requêtes).

Dans l'expérience 1, le parcours de recherche d'information de chaque sujet est sauvegardé grâce à l'application « Macromedia Projector ». Elle permet d'enregistrer la question, le temps consommé, le numéro des pages visitées et d'obtenir une observation assez fine des interactions entre l'utilisateur et les documents affichés. Les temps de réponses enregistrés au

millième de seconde près, sont calculés dès l'apparition de la question sur l'écran d'ordinateur jusqu'à l'appui sur une touche du clavier correspondant à la validation de la réponse.

Dans l'expérience 2, l'enregistrement des mouvements oculaires est réalisé avec l'Eye Tracker Tobii 1750. Ce système d'enregistrement permet de dégager des zones d'intérêts et de suivre l'enchaînement des différentes prises d'information visuelle. Nous obtenons alors des « *Heat Maps* » (zones de chaleurs), qui permettent de comprendre plus facilement les endroits où les sujets ont majoritairement regardé, et ceux où personne n'a regardé. Cela est interprété par des couleurs chaudes-rouges (forte rémanence du regard) et par des couleurs froides (faible rémanence du regard). La carte de chaleur met en évidence les zones fixées par les utilisateurs: les zones les plus chaudes (rouges) indiquent des endroits fixés longtemps ou à plusieurs reprises. Grâce au logiciel Tobii Studio, l'analyse des mouvements oculaires est déterminée par des aires d'intérêt, appelées AOI (*Area Of Interest*) correspondant au découpage de la page du document : la zone de recherche, la photo du logement, la consigne. Chaque aire d'intérêt est identifiée par un code attribué par l'expérimentateur (ex :AOI 1, AOI 2, AOI 3, AOI 4). La page d'accueil du site web Immo 3000 représentée par une carte de chaleur indique l'intensité des fixations (Figure 24). La figure 25 présente le découpage de la page permettant ainsi de mesurer les temps de fixations dans chaque AOI.



Figure 24: exemple de carte de chaleur (site Immo 3000)

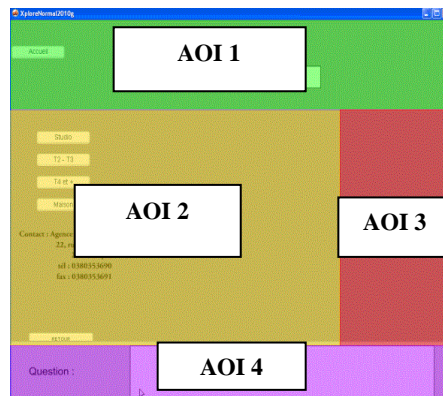


Figure 25: exemple de découpage en AOI

Les travaux de Goldberg et al. (1999), portant sur l'évaluation de documents numériques, ont permis d'identifier plusieurs indicateurs oculaires qui témoignent des traitements cognitifs mis en œuvre par un sujet, engagé dans une tâche de lecture, de recherche visuelle ou de perception de scènes. Les fixations et les saccades représentent les composants fondamentaux de l'analyse oculométrique. C'est à partir de ces éléments que sont calculées de multiples mesures du déplacement du regard qui sont choisies selon l'hypothèse que l'on souhaite vérifier. Dans l'expérience 2, nous utiliserons comme indicateur principal la durée de fixation car on peut supposer qu'une durée de fixation importante sur une zone d'intérêt implique chez un utilisateur un traitement d'information plus profond. Une fixation se caractérise essentiellement par sa durée qui dépend de la difficulté relative du traitement de l'information. En effet, plus cette information est difficile à traiter, plus le temps de fixation sur la zone d'intérêt sera long. La durée de fixation permet de mieux mesurer la prise d'information chez l'utilisateur. Ainsi, le recueil de l'ensemble des durées totales de fixation fournit un ensemble de mesures objectives. Toutes ces mesures renseignent les opérations mentales sous-jacentes qui se déroulent de façon contrôlée.

5.2 Mesures off line

Pour évaluer la charge mentale de chaque sujet, nous avons eu recours au questionnaire Nasa TLX version crayon papier dans l'expérience 1, et transposé sur écran informatique dans les expériences 2, 3 et 4.

5.3 Méthode d'analyse statistique

Les données ont été automatiquement enregistrées au cours de la passation expérimentale. Durant la recherche d'information, le parcours des sujets est enregistré sous la forme de fichiers textes. Ces fichiers ont été ensuite exportés vers Excel (Microsoft) et les données rassemblées et organisées. Le logiciel STATISCA a servi à effectuer les analyses statistiques. Elles ont été effectuées sur les variables dépendantes suivantes : le temps de réponse, le nombre de consultations de la consigne, le nombre de pages consultées, le temps de fixation moyen, les scores du questionnaire de la charge cognitive. En ce qui concerne les temps de réponse, le nombre de consultations de la consigne et le nombre de pages consultées, nous avons comptabilisé les moyennes obtenues pour chaque participant avec 3 niveaux de complexité. En ce qui concerne la durée des fixations nous avons comptabilisé la moyenne obtenue dans chaque zone d'intérêt pour chaque participant en tenant comptes des 3 niveaux de complexité. L'analyse de ces variables a été effectuée par des analyses de variance (ANOVA).

Dans la quatrième partie, les quatre expérimentations menées reposent sur la comparaison de performance de sujets jeunes et de sujets âgés pour une même tâche.

Dans la première expérience, nous cherchons à étudier l'effet de la modalité et de l'âge sur la recherche d'information. Nous analysons ce dispositif technique avec deux conditions (habituelle *vs* transparente) dans un site web expérimental. Dans la seconde expérience, nous étudions les effets de ce dispositif avec l'ajout d'une modalité supplémentaire en vue de confirmer l'effet de la modalité transparente dans la tâche de recherche d'information. La troisième expérience compare les effets de ce dispositif d'interaction sur la recherche d'information avec une tablette tactile. La quatrième expérience vise à tester l'innovation avec une souris 3D (Société Lexip) qui a permis de tester le système de navigation avec un pointeur dédié.

Quatrième partie : Contribution empirique

Chapitre 11 : Facteurs influençant la recherche d'information dans un site d'agence immobilière

I. Expérience 1 : Étude exploratoire de l'effet de la modalité et de l'âge sur la recherche d'information

1. Objectif de l'expérience

La recherche d'information à partir de documents est une tâche complexe car elle met en jeu des processus cognitifs que certains auteurs ont tentés de modéliser (Rouet & Tricot, 1998). Même si les mécanismes de la recherche d'informations sont encore mal connus, on sait qu'il s'agit d'une activité cognitive complexe qui peut entraîner de nombreuses difficultés et notamment dans les situations d'apprentissages. En effet, la réalisation d'une tâche implique chez un utilisateur de mobiliser des ressources cognitives. Ce qui implique que lors d'une tâche de recherche d'information, l'utilisateur doit à la fois garder en mémoire l'information recherchée et la faire évoluer en fonction des informations qu'il aura trouvées. Si on lui présente une quantité importante d'information à traiter, alors il peut éprouver des difficultés à mettre en œuvre des mécanismes liés à l'apprentissage, la compréhension ou l'acquisition de connaissances. Si toutes les capacités de l'utilisateur sont occupées pour résoudre une tâche alors celui-ci ne disposera plus d'aucune ressource pour traiter l'information : il sera en situation de surcharge cognitive. L'objectif de cette recherche est donc d'étudier les effets d'un dispositif technique innovant permettant d'alléger les mécanismes de recherche et de traitement de l'information lors de la consultation de documents numériques. Un système de recherche d'information dit « habituel » dans lequel l'utilisateur utilise une stratégie par essai/erreur, est-il plus efficace qu'un système de recherche dit « transparent » ou il ne sélectionne que les aperçus des pages ? Cette question est traitée avec des sujets jeunes et des sujets âgés. L'hypothèse que nous défendons est que le processus permettant une exploration visuelle des données (vue d'ensemble, zoom filtrage, détail à la demande) devrait mener à des performances de recherche d'informations supérieures (temps de recherche), suggérant qu'il permet d'alléger ainsi la charge cognitive en mémoire de travail. La tâche demandée aux sujets consiste à partir de questions posées, à rechercher le plus rapidement un logement dans un site d'agence immobilière spécialement conçu et contrôlé pour l'expérience.

2. Méthodologie

2.1 Participants

Une population composée de 26 étudiants (Groupe IUT, âge moyen 20 ans) et 10 personnes âgées (Groupe Retraités, âge moyen 73 ans), titulaires au moins du certificat d'étude, a participé à l'expérience. Tous les sujets ont été recrutés sur la base du volontariat et savent utiliser un navigateur web.

2.2 Matériel

Il est composé de textes descriptifs accompagnés de photos de logements présentés sur l'écran d'un ordinateur PC Windows XP (SE). Dans la modalité habituelle (Figure 26), le sujet fait apparaître la page d'accueil et la consigne. Pour répondre à la question posée, il doit cliquer à l'aide de la souris sur les items proposés à gauche concernant le type de logement (studio, T2, T3, T4....maison) puis sélectionner les critères correspondant à la consigne. Un lien « retour » situé en bas de page lui permet de revenir en arrière à chaque fois qu'il considère que la réponse n'est pas satisfaisante.

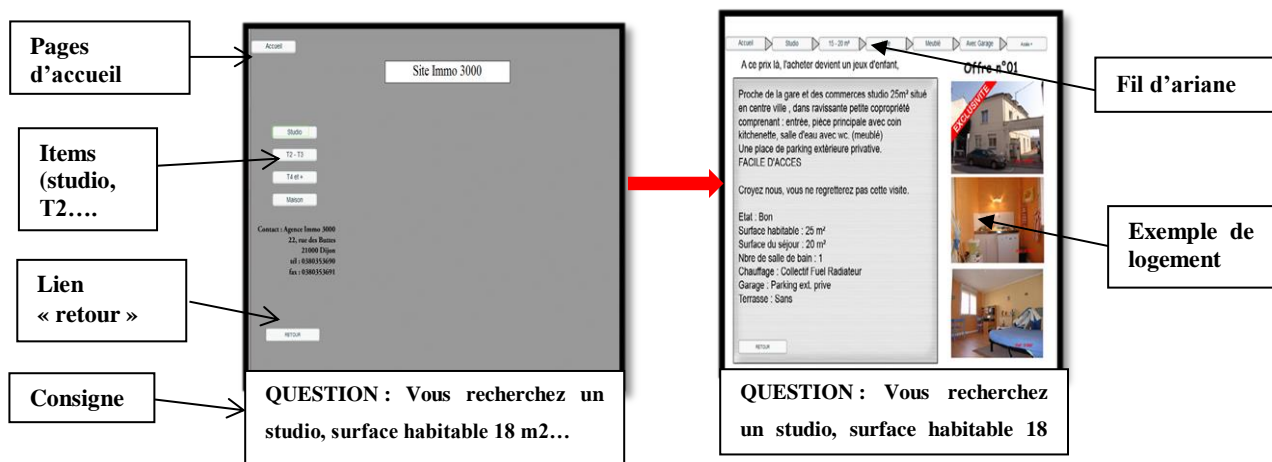
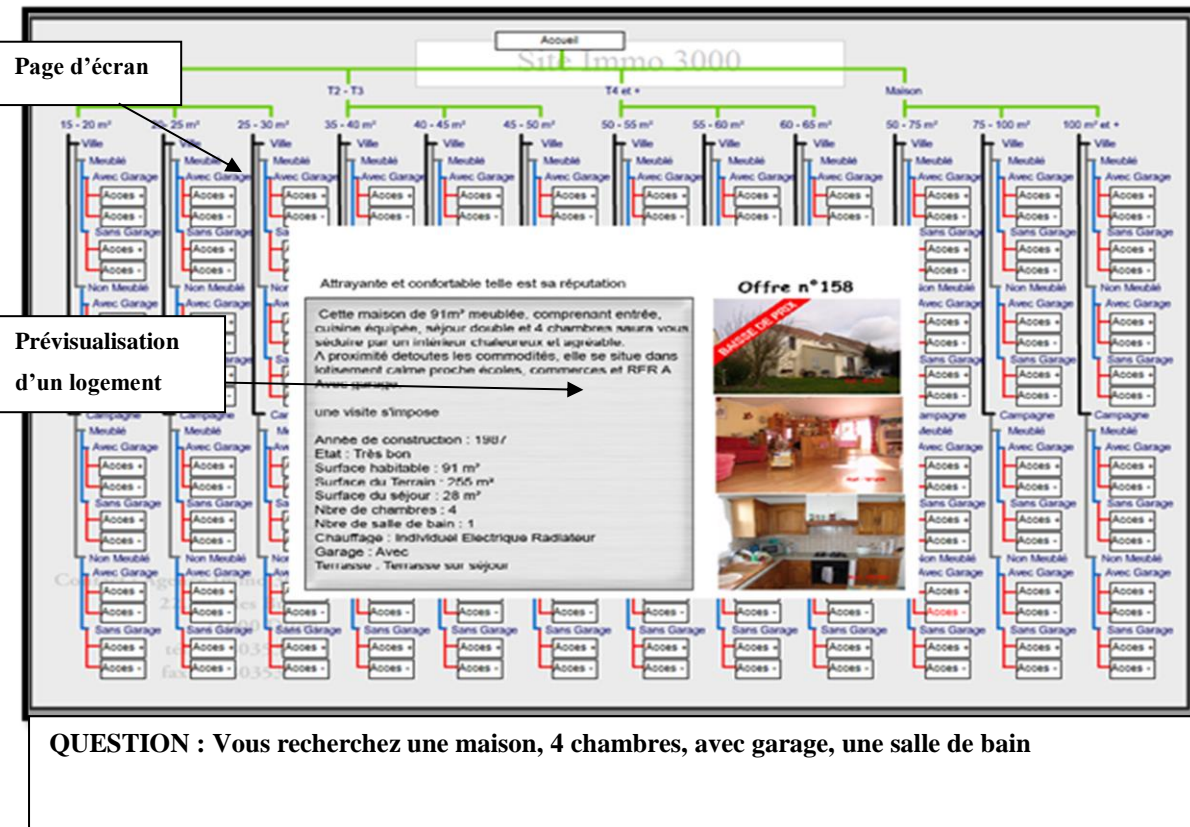


Figure 26 : modalité habituelle

Dans la modalité transparente (Figure 27), le sujet peut survoler les différents liens de la « fenêtre plan » pour consulter un aperçu de chaque page. En positionnant le curseur de la souris sur les liens pertinents, il fait apparaître une fenêtre de prévisualisation comportant les caractéristiques du logement. S'il relâche la pression exercée sur le bouton de la souris, la page d'intérêt s'affiche dans son intégralité (descriptif + photo) comme s'il avait cliqué sur un lien.



La phase de test dure environ 30 mn. Le sujet doit s'installer devant l'écran de l'ordinateur pour exécuter la tâche. Dès lors, il va rechercher le plus rapidement possible un logement à partir des consignes qui lui auront été données. La moitié des sujets exécutent les tâches avec la version habituelle et l'autre moitié avec la version transparente. Ils doivent ainsi rechercher un logement en faisant apparaître un escamot (fenêtre de type « *pop-up Windows* ») en bas de l'écran qui comporte l'objet de la recherche avec les critères (ex : vous recherchez un T4, surface, en ville....). À l'issue du test, les sujets sont soumis à un questionnaire Nasa Tlx (version crayon papier).

Le plan d'expérience correspond à un plan de type 2X2 à deux facteurs, avec chacun deux modalités : âge (jeunes versus âgés) et modalité de recherche (habituelle versus transparente).

3. Résultats

3.1 Mesures On - Line

Les 3 mesures retenues durant la tâche pour analyser le comportement des sujets au cours de la tâche sont les variables suivantes : le temps de recherche, le nombre de consultations de la consigne et le nombre de pages consultées. Nous analysons donc ces 3 variables dépendantes et présentons les moyennes et les écarts types dans le tableau 4.

sujets	modalité	complexité	Temps	consigne	Pages consultées	Effets
Etudiants N=26	Habituelle	C1	69,64(36,51)	6,20(10,42)	16,15(7,84)	A** M**
		C2	58,10(33,98)	5,68(13,12)	13,71(9,66)	
		C3	51,03(34,81)	5,99(12,12)	12,76(6,15)	
	Transparente	C1	36,96(16,18)	2,25(4,85)	19,34(10,82)	
		C2	36,13(12,28)	2,33(3,87)	18,50(14,48)	
		C3	44,58(15,35)	2,77(4,75)	16,51(10,74)	
Séniors N=10	Habituelle	C1	101,79(26,36)	11,14(15,57)	18,90(7,08)	
		C2	94,50(40,19)	7,92(13,12)	12,47(5,66)	
		C3	115,50(31,45)	9,00(12,12)	15,44(5,26)	
	Transparente	C1	81,74(40,87)	3,68(5,42)	47,35(32,99)	
		C2	42,76(8,13)	2,43(2,87)	27,60(20,61)	
		C3	52,22(20,89)	3,70(5,00)	18,92(7,74)	

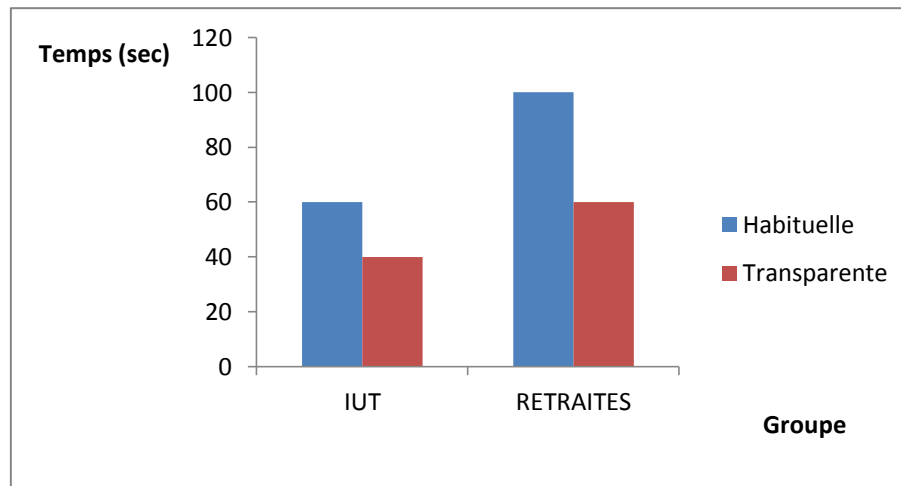
Note : *P < .05 ; **P < .01

A : âge ; M : modalité ;

Tableau 4 : moyennes et écarts types (SD)

3.1.1 Le temps

Le temps de recherche pour chaque question indique la façon dont les sujets de chaque groupe ont géré les deux modalités. Le graphique 1 présente les temps moyens (secondes) de chaque groupe dans les différentes modalités.

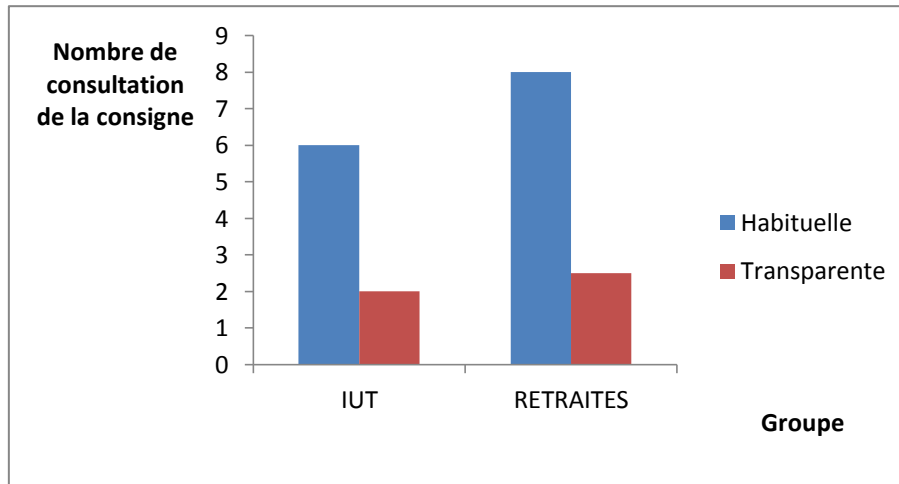


Graphique 1: temps de recherche moyens en secondes de chaque groupe pour chaque modalité

L'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs intergroupe (âge, et modalité de recherche) a montré un effet significatif de l'âge ($F(1,31)=12.63$, $p=.001$), et un effet de la modalité ($F(1,31)=13.19$, $p=.001$). La modalité « transparente » s'accompagne d'une diminution du temps de recherche comparée à la modalité « habituelle ». Par ailleurs, L'interaction entre l'âge et la modalité ne met pas en évidence un effet de la modalité transparente sur le groupe Retraités ($F(1,31)= 2.20$, $p=.14$).

3.1.2 Le nombre de consultations de la consigne

Durant la tâche, chaque sujet peut consulter la consigne autant de fois qu'il le souhaite et ainsi poursuivre sa recherche d'information. Le graphique 2 présente le nombre de consultation de la consigne de chaque groupe.

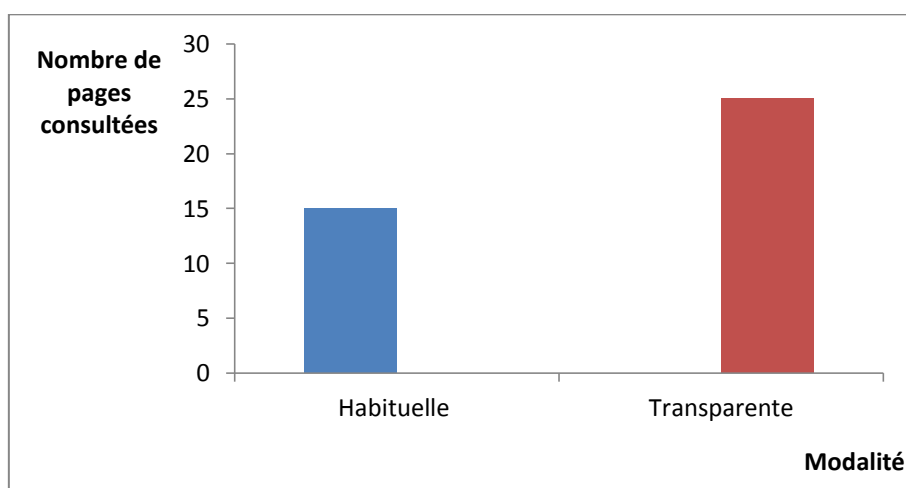


Graphique 2 : nombre de consultation de la consigne pour chaque modalité

L'ANOVA à deux facteurs (âge et modalité) montre un effet significatif de l'âge ($F(1,31)=8.49$, $p=.006$) et un effet de la modalité ($F(1,31)=44.86$, $p=.001$). L'analyse indique globalement que pour l'ensemble des sujets, ils consultent nettement moins la consigne dans la modalité transparente que dans la modalité « habituelle ». L'interaction des 2 facteurs âge et modalité ne produit pas d'effet significatif ($F(1,31)=3.49$, $p=.07$).

3.1.3 Le nombre de pages consultées

Durant la phase de recherche d'information, chaque sujet doit consulter les pages en vue de répondre à la question. Le graphique 3 présente le nombre de pages consultées selon la modalité.

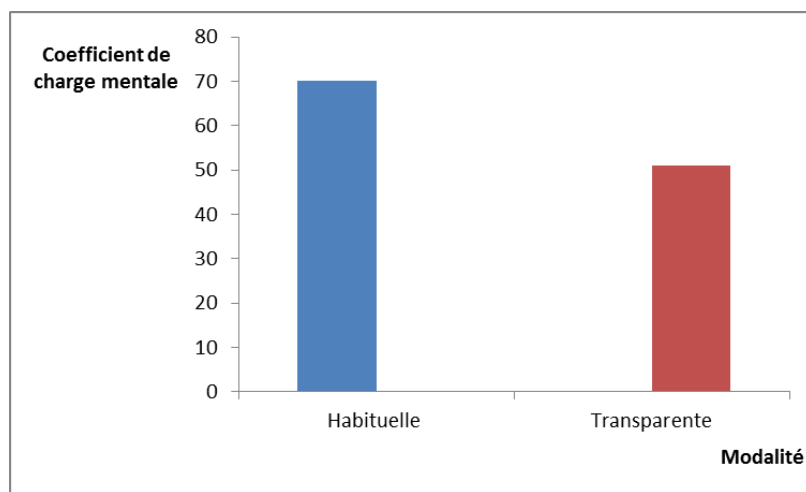


Graphique 3 : nombre de pages consultées selon la modalité

L'ANOVA à deux facteurs (âge et modalité) montre un effet de la modalité ($F(1,31)=6.52$, $p=.01$) et pas d'effet pour la modalité groupe ($F(1,31)=3.43$, $p=.07$). Ce résultat suggère que globalement les sujets ont consultés plus de pages dans la modalité transparente que dans la modalité habituelle. Toutefois, l'interaction entre les facteurs (âge et modalité) ne fait pas apparaître un effet significatif ($F(1,31)=2.22$, $p=.14$).

3.2 Mesures off line

Les résultats obtenus au questionnaire Nasa TLX ont permis de déterminer le score global de la charge mentale qui s'est révélé nettement supérieur dans la modalité habituelle (graphique 4).d



Graphique 4 : évaluation de la charge mentale selon la modalité

L'ANOVA à deux facteurs (âge et modalité) met en évidence l'effet significatif de la modalité ($F(1,29)=19.27$, $p=.0001$) ce qui indique que les sujets ont une charge de pénibilité moins importante dans la modalité transparente que dans la modalité habituelle. L'interaction des facteurs âge et modalité ne montre pas d'effet significatif ($F(1,29)=.26$, $p=.61$).

En résumé, il ressort de cette analyse que les sujets mettent moins de temps à trouver la réponse quand ils sont dans la modalité transparente. Par ailleurs, il apparaît que c'est le groupe retraités qui est plus lent à trouver la réponse quel que soit la modalité. L'analyse révèle également que les sujets consultent moins la consigne et qu'ils ouvrent plus de pages dans la modalité transparente que dans la modalité habituelle. La charge mentale est donc moins importante dans la condition transparente.

4. Discussion

Les résultats de cette expérience font apparaître des différences dans une tâche de recherche d'information pour des utilisateurs confrontés à deux modalités de recherche (habituelle vs transparente). Ces résultats vont donc dans le sens de l'hypothèse d'un effet significatif en faveur du système de recherche par transparence. D'une part, le nombre de pages consultées pour chaque groupe est statistiquement plus élevé pour la modalité transparente mais en moins de temps. D'autre part, ce système de recherche permet de réduire le temps de recherche d'information ainsi que le nombre de consultation de la consigne et présente donc l'avantage d'être moins coûteux d'un point de vue cognitif.

Par exemple dans la version transparente, le sujet après avoir lu la consigne, sélectionne l'information pertinente qui lui permet de répondre à la question posée. Autrement dit, il opère un choix en tenant compte de plusieurs facteurs à savoir la représentation du but (la question posée), des informations déjà sélectionnées (critères de recherche) et de l'information visible (escamot représentant la photo du logement accompagné de son descriptif). Le sujet sélectionne rapidement l'information qu'il recherche sans avoir à effectuer des retours en arrière et peut ainsi pré visualiser les pages avec un gain de temps. Dès lors, le sujet accède beaucoup plus vite à l'information recherchée. Nous pouvons avancer ici le concept de gestion cognitive développé par Rouet et Tricot (1998) selon lequel les sujets pourraient construire une meilleure représentation de la tâche par des processus de planification, de contrôle et de régulation qui peuvent conduire à remettre en cause le plan de recherche. Chaque sujet élabore un plan de recherche en déterminant les moyens qui lui permettront d'atteindre l'information recherchée : c'est la phase de planification. Cette planification peut s'appuyer sur les connaissances que le sujet peut activer lors de la lecture de la question mais aussi sur sa connaissance de l'environnement de recherche (par exemple, le degré de familiarité avec les caractéristiques d'un logement).

Durant la tâche, il peut ainsi redéfinir à chaque fois son plan de recherche et transformer sa représentation en fonction des informations qu'il prélève. Autrement dit, le sujet sélectionne les éléments pertinents parmi les informations qui lui sont présentées et les compare ainsi à chaque fois avec l'énoncé de la question. Si le résultat de sa recherche contient un élément pertinent alors le sujet va sélectionner celui-ci pour le traiter. Si le résultat de sa recherche contient des éléments peu pertinents alors le sujet révisé sa stratégie en transformant son plan de recherche.

L'étude de l'effet conjoint de la modalité et de l'âge sur la recherche d'informations montre que les sujets âgés bénéficient des apports de la modalité « transparente » comparée à la modalité « habituelle ». Ce bénéfice se retrouve sur le temps nécessaire pour accéder à l'information correcte, mais aussi sur le nombre de consultations de la consigne dans le sens d'une diminution dans les deux cas. L'une des hypothèses explicative avancées est que la modalité « transparente » serait une aide externe qui permettrait un soulagement de la charge cognitive en mémoire de travail. La modalité « transparente » semble donc être un dispositif très prometteur concernant la recherche d'information chez les seniors dans la mesure où elle fournit une aide externe permettant de pallier aux difficultés de surcharge en mémoire de travail. Dans cette étude, nous avons essayé de comprendre à partir de deux systèmes de recherche d'informations quels processus cognitifs pouvaient être mis en œuvre par des utilisateurs dans une tâche de recherche d'informations. Concernant les systèmes qui délivrent de l'information, bon nombre d'études restent orientées vers la modélisation des processus cognitifs et peu d'entre elles se sont spécifiquement consacrées à l'ergonomie des systèmes qui délivrent de l'information. Nous envisageons de prolonger ce travail par d'autres expériences impliquant une population de personnes âgées plus nombreuse et de modifier notre matériel expérimental et de procéder à des mesures de mouvements oculaires. Le but de cette modification a pour objet de mieux comprendre l'efficacité de ce système car on peut s'interroger sur ses bénéfices présumés. Les résultats obtenus ont montré les effets bénéfiques de la modalité transparente. Toutefois, nous n'avons pas la certitude que c'est la modalité transparente qui provoque des temps de recherches plus rapides. En conséquence, nous prévoyons ainsi une modification du matériel par l'ajout d'une modalité intermédiaire sous la forme d'un plan sans prévisualisation. Cette modalité intermédiaire sera ainsi testée par les populations étudiantes et âgées dans les mêmes conditions que les deux autres modalités.

Dans l'expérience qui suit, nous étudions le comportement visuel des utilisateurs dans un site web d'agence immobilière à l'aide de la technique de l'oculométrie. Il est admis que les mouvements oculaires engagés dans une tâche visuelle, reflètent bien les processus cognitifs mis en œuvre dans cette activité (Rayner, 1992). L'enregistrement des mouvements oculaires fournit une trace spontanée et directe et mesurable du sujet en action. Nous cherchons à analyser le parcours oculaire des sujets engagés dans une même tâche de recherche d'information pour mieux comprendre d'une part, les comportements spécifiques de chaque

sujet, et d'autre part, de voir comment il traite les informations dans les trois modalités (Normale/ Plan/ Inter).

Chapitre 12 : Etude du comportement visuel des utilisateurs dans un site d'agence immobilière

I. Expérience 2 : Analyse des mouvements oculaires lors d'une tâche de recherche d'information

1. Objectif de l'expérience

Cette expérience est centrée sur l'inspection visuelle d'un site web d'agence immobilière. L'objectif est de vérifier l'efficacité cognitive d'un système de pointage électronique qui utilise un dispositif d'affichage immersif pour la navigation, permettant à l'utilisateur de consulter aisément des pages en profondeur. Il s'agit de donner une vue d'ensemble pour orienter puis permettre d'accéder aux détails des informations. Nous défendons l'hypothèse que ce processus permettant une exploration visuelle des données (vue d'ensemble, zoom filtrage, détail à la demande) devrait mener à des effets bénéfiques en allégeant la charge cognitive en mémoire de travail. Étudier l'intérêt de ce nouveau dispositif peut s'effectuer en comparant les effets produits par les différentes versions d'un site web contrôlé pour analyser le comportement des utilisateurs lorsqu'ils recherchent une information précise. Nous faisons l'hypothèse selon laquelle le dispositif d'affichage immersif avec prévisualisation des pages permettrait d'obtenir de meilleures performances sur le temps de recherche et de réduire ainsi la charge cognitive en mémoire de travail. Nous utilisons la méthode de l'enregistrement des mouvements oculaires (Eye - Tracking) qui permet de déterminer comment un utilisateur traite les informations dans un document numérique. L'analyse des mouvements oculaires permet d'obtenir de nombreux indicateurs destinés à mieux comprendre les stratégies d'exploration visuelle. Ces indicateurs peuvent être spatiaux (quelles zones ont été explorées ? Qu'est-ce qui a pu attirer le regard dans cette zone?), mais aussi temporels (combien de temps une zone particulière a été fixée ?). Cette méthode donne une indication précise sur les ressources cognitives investies dans la recherche d'information et peut permettre de mieux comprendre les processus cognitifs impliqués. Cette technologie est donc rigoureuse dès lors qu'il s'agit d'analyser comment un sujet traite les informations visuelles nécessaires à son activité.

La tâche proposée aux sujets consistait à trouver un logement (appartements et maisons) possédant une ou plusieurs caractéristiques cible. Les variables indépendantes étaient le type de document comportant 3 modalités (Normale, Plan, Inter). Dans cette expérience, nous cherchons surtout à vérifier avec la modalité Inter si c'est la condition Plan qui influence le plus la recherche d'information. La variable intra groupe était la complexité de la recherche. Les variables dépendantes étaient la durée des fixations et le score Nasa Tlx.

2. Méthodologie

2.1 Sujets

31 étudiants de niveau BTS dont la moyenne d'âge est de 20 ans (n=20 ans) et 28 seniors (n=70 ans) titulaires au moins du CAP ont participé à cette expérience. Chaque sujet pouvait lire à une distance de 65 cm de l'écran avec ou sans correctif oculaire (lunettes ou lentilles). Ils ne reçoivent aucune indemnisation ni aucune autre contribution et sont tous volontaires pour participer à l'expérience. Aucun n'a pris part auparavant à une expérience portant sur le thème de la recherche d'information. Chaque sujet a au moins utilisé une fois un navigateur internet.

2.2 La technique de l'oculométrie

En vue de comprendre les opérations cognitives réalisées et pour mesurer l'activité oculaire des sujets, nous avons utilisé dans cette expérience la technique de l'oculométrie. Elle permet d'obtenir des données en temps réel quant à leurs comportements visuels. Par exemple, appliquée à une page web, elle permet de suivre avec une très grande précision le parcours d'exploration visuelle d'un utilisateur (Baccino, 2004). Elle permet aussi de dégager des zones d'intérêts et de suivre l'enchaînement des différentes prises d'information visuelle. Les fixations et les saccades représentent les éléments fondamentaux de l'étude oculométrique à partir desquels sont calculées plusieurs mesures spatiales et temporelles du déplacement du regard. Les mesures spatiales sont représentées par des distances saccadiques, ou des zones inspectées par le regard (*scanpath*). Les mesures temporelles concernent les durées des fixations globales limitées à une information précise (Goldberg & Kotval, 1999). L'avantage principal de l'oculométrie est de donner des indications précises sur la manière dont est traitée l'information durant la réalisation d'une activité cognitive. Cette technique s'applique notamment à des situations impliquant des stratégies de résolution de problèmes, de recherche d'information (navigation sur le web), ou d'apprentissage. La figure 28 ci-dessous représente

un exemple de parcours d'un sujet. Les points de couleurs représentent les fixations oculaires et les traits indiquent les transitions oculaires.

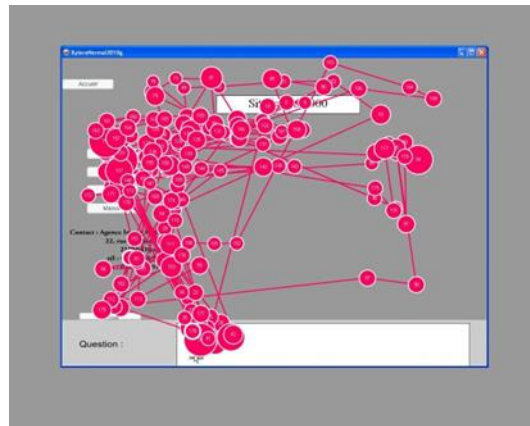


Figure 28 : exemple de parcours oculaire de fixation d'un sujet

2.3 Matériel

Il comprend un ensemble d'annonces immobilières de logements accompagnées de textes descriptifs présentés sur un Eye Tracker Tobii 1750 (60 Hz) permettant d'enregistrer les mouvements oculaires. Ce système d'enregistrement inclus dans l'écran ne perturbe en aucun cas le sujet au cours de la tâche. Le descriptif des photos renseigne notamment le sujet sur le type de logement (F3, F2, maison...), sa surface habitable, sa localisation (ville, campagne), la présence ou l'absence de garage. L'une des principales spécificités de ce site immobilier est la possibilité d'accéder au contenu par l'intermédiaire de 3 modalités entraînant un mode de recherche différent. Nous avons complexifié la tâche pour localiser l'information cible dans le site. Nous avons déterminé 3 niveaux de complexité en fonction du nombre de critère et de la distance entre chaque lien à parcourir.

Dans la modalité Normale (Figure 29), après avoir lu la question, le sujet doit, dans sa recherche, partir du sommaire situé à gauche de la page d'accueil. Le sommaire définit les principales rubriques du site immobilier et présente donc une aide au guidage à la recherche d'information. Un lien « retour » situé en bas de page lui permet de revenir en arrière à chaque fois qu'il le souhaite.

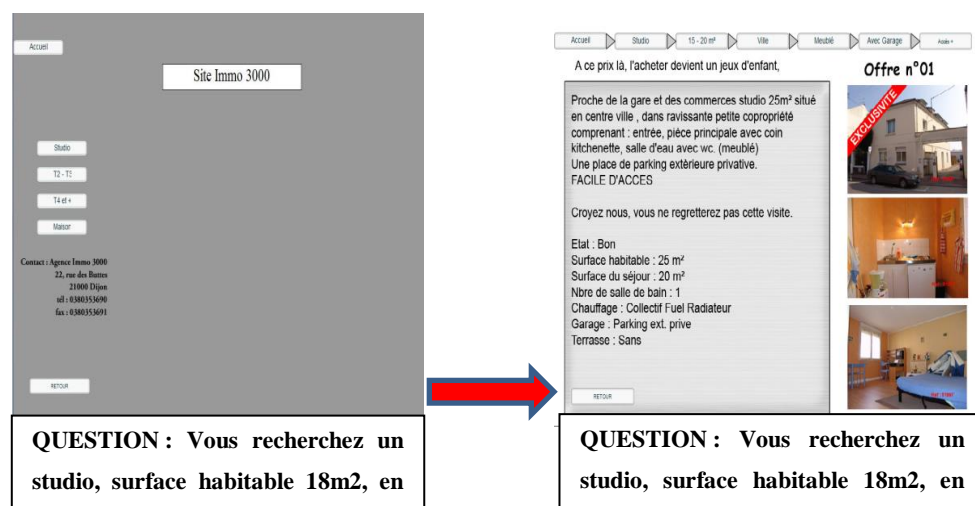


Figure 29 : modalité Normale

Dans la modalité Plan (Figure 30), Le plan du site détaille l'ensemble des rubriques à savoir : le type de logement, la surface, le lieu, meublé ou non-meublé, avec ou sans garage, et la photographie du logement. Cette modalité met en évidence une notion d'immersion autrement dit la profondeur du document consulté en présentant le contenu des rubriques et leur niveau de précision. Pour consulter un aperçu de chaque page le sujet positionne le curseur de la souris sur un lien. S'il relâche la pression exercée sur la souris, la page d'intérêt s'affiche dans son intégralité.

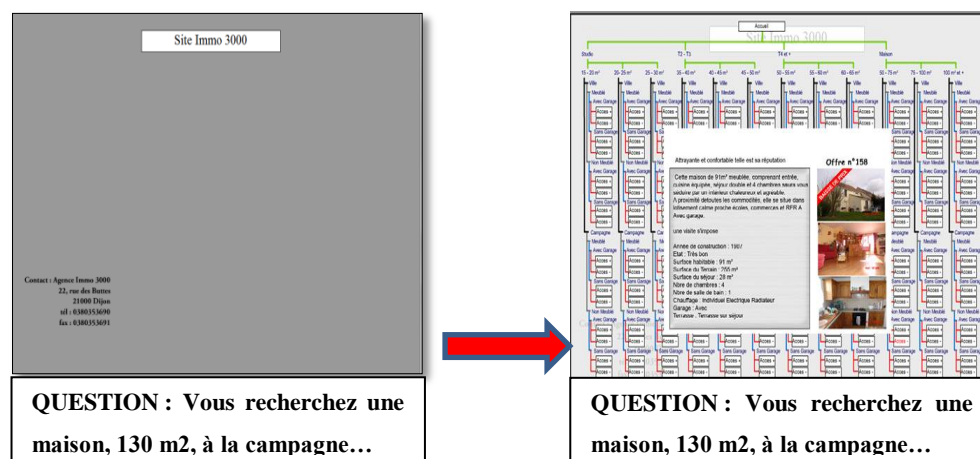


Figure 30 : modalité Plan

Dans la modalité Inter (Figure 31), le sujet ne peut pré visualiser aucun aperçu de pages ni aucun escamot dès lors qu'il se positionne sur un lien. En revanche, s'il relâche la pression

exercée sur le bouton de la souris et qu'il ajuste le curseur de la souris sur un lien alors la page s'affiche dans son intégralité.

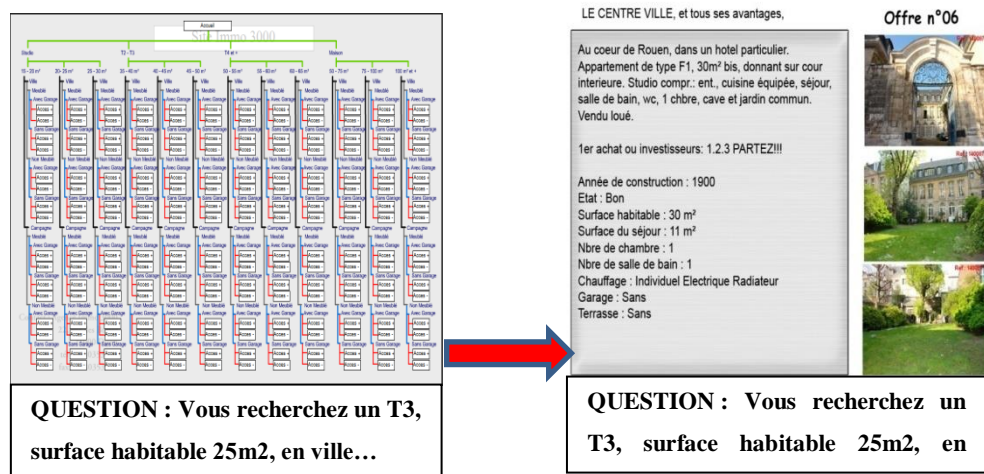


Figure 31: modalité Inter

2.4 Procédure

Quand le sujet entre dans la salle expérimentale, il est invité à s'installer le plus confortablement possible sur le siège en face de l'écran (Figure 32).

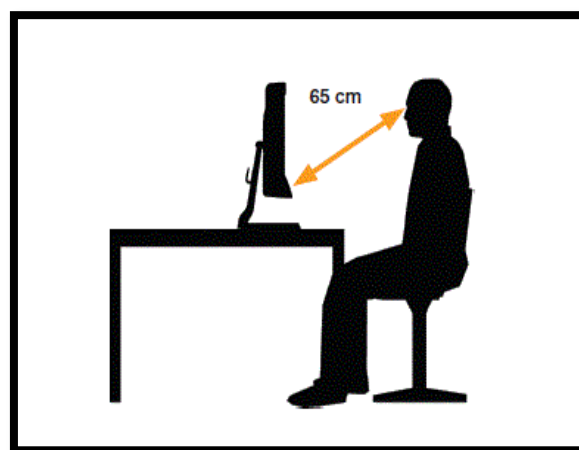


Figure 32: sujet devant l'écran expérimental

Une fois le sujet installé, l'expérimentateur présente le déroulement de l'expérience. Les consignes ainsi que l'explication sur l'usage des boutons de navigation sont données oralement au sujet. Tout d'abord, il doit se familiariser avec la tâche c'est-à-dire exécuter trois ou quatre essais durant lesquelles l'expérimentateur s'assure de sa bonne compréhension.

L'expérimentateur démarre ensuite la phase de calibrage. Cette phase consiste à indiquer aux caméras infrarouges incorporées dans l'écran de contrôle où se trouvent les yeux du sujet.

Une fois que les yeux sont dans le champ des caméras, l'expérimentateur procède à quelques réglages afin d'obtenir le calibrage stable sur l'écran de contrôle (Figure 33).

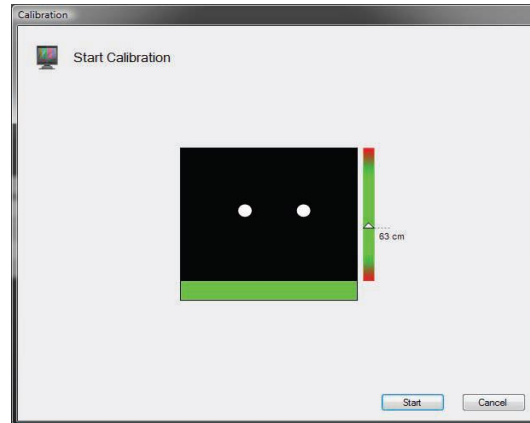


Figure 33 : calibrage avec les 2 cercles blancs représentant les yeux d'un participant

La phase de test ne débute que lorsque le calibrage est satisfaisant. Une fois cette condition réalisée, l'expérimentateur ouvre l'application et débute l'enregistrement. Le sujet peut alors démarrer sa tâche de recherche selon la consigne affichée en bas de l'écran. Les sujets ont été répartis dans 2 groupes. Chaque groupe est confronté aux trois modalités dans un ordre contrebalancé. Les questions de recherche sont identiques pour chaque modalité. Lorsque le sujet a terminé sa tâche, il fait signe à l'expérimentateur qui ferme lui-même l'application et clôture l'enregistrement des mouvements oculaires. La durée totale de chaque passation (consigne, calibrage, phase d'entraînement et phase expérimentale) était comprise entre 45 mn et 75 minutes selon la plus ou moins grande difficulté de calibrage. À l'issue du test, chaque sujet répond à 3 questionnaires présentés successivement :

- NasaTlx (version numérisée)
- Mini mental state examination (MMSE)
- MILL HILL.

2.5 Analyse des données

A l'aide du logiciel Tobii Studio, nous avons retenu et analysé les fixations oculaires de cinquante-sept sujets. Ainsi, mille trois cent soixante-huit segments oculaires ont pu être exploités. Nous avons déterminé sur chaque page consultée des aires d'intérêt, appelées AOI

(Area Of Interest). Les pages visitées ont été découpées en 4 AOI, identifiées, ordonnées et codées numériquement (Figure 34): la zone AOI 1 correspondant au bandeau, AOI 2 à la zone de recherche, AOI 3 à la photo du logement, et AOI 4 à la question. Ce découpage permet de repérer sur chaque page les zones fixées dans lesquelles les fixations se succèdent. Ce même logiciel permet aussi d'exporter les données enregistrées relatives aux mouvements oculaires. Ainsi, en déterminant ces AOI, il est alors possible de calculer un temps moyen de fixation oculaire dans chaque AOI, ce qui permet de déterminer le temps d'attention accordée à chacune d'entre elles par le sujet.

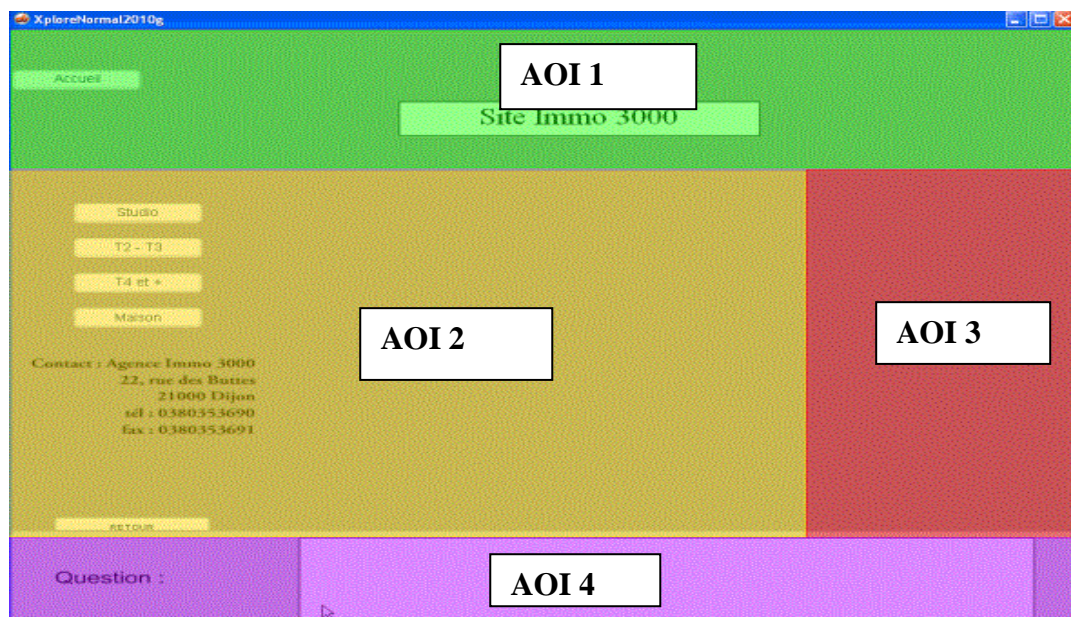


Figure 34 : découpage de la page du site en AOI

Les variables dépendantes utilisées sont :

- La durée totale de fixation
- Le score au questionnaire Nasa Tlx

Les variables indépendantes sont :

- Le type de documents comportant 3 modalités: une modalité Normale, une modalité Plan, et une modalité Inter
- Le groupe d'âge (étudiants vs seniors) variable inter sujet
- La complexité de la tâche à réaliser, variable intra –groupe qui varie selon les différents niveaux de complexité des questions posées.

Le plan expérimental correspond à un plan modèle linéaire général à mesures répétées de type : 2 (âge étudiant vs seniors) X3 (modalité de recherche).

3. Résultats

Dans cette analyse, nous exposons les résultats obtenus durant la tâche (mesures on line) puis après la tâche (mesures off line). Nous examinons tout d'abord les effets simples des variables dépendantes : le temps de recherche passé en moyenne sur chaque question ; le nombre de consultation de la consigne réalisée ; le nombre de pages visitées où apparaît le descriptif et la photo du logement. Les moyennes et les écarts type sont présentés dans le tableau 5 avec les seuils de signification ($p < .01$; $p < .05$). Ensuite, nous présentons les interactions (graphiques). Puis, nous examinons les scores de la charge mentale des sujets.

Sujets	modalité	complexité	AOI 1	AOI 2	AOI3	AOI4	Effets
Etudiants N=31	Normale	C1	3,20(2,59)	27,97(7,07)	0,76(0,85)	8,33(2,25)	A** M** C** AOI**
		C2	3,68(2,31)	38,57(9,21)	5,91(3,12)	11,41(2,88)	
		C3	6,49(6,68)	44(11,10)	0,76(0,85)	9,07(2,46)	
	Plan	C1	1,14(0,51)	26,85(8,95)	2,21(1,09)	9,16(3,25)	
		C2	0,95(0,85)	30,70(12,41)	32,70(18,13)	10,69(4,26)	
		C3	1,51(0,62)	32,61(9,77)	2,59(1,28)	7,47(2,86)	
	Inter	C1	2,58(1,37)	54,93(14,70)	1,67(1,16)	13,07(3,35)	
		C2	1,51(0,81)	25,92(7,61)	58,94(16,60)	14,20(4,16)	
		C3	2,10(1,09)	36,39(14,85)	5,28(1,96)	13,50(3,32)	
Séniors N=28	normale	C1	7,13(1,91)	46,09(12,45)	0,94(1,13)	15,01(6,22)	
		C2	7,84(4,02)	48,36(17,73)	3,33(3,37)	18,76(9,74)	
		C3	12,01(4,76)	64,54(23,12)	1,08(0,98)	15,48(6,82)	
	plan	C1	2,30(1,61)	27,55(16,94)	2,66(2,32)	6,79(3,40)	
		C2	3,21(2,90)	26,77(13,74)	41,68(21,63)	7,93(5,35)	
		C3	4,06(2,55)	39,04(26,01)	3,01(3,55)	8,73(4,43)	
	Inter	C1	7,13(3,43)	40,42(18,94)	5,88(4,97)	13,26(6,01)	
		C2	6,25(2,77)	37,16(20,92)	89,65(57,61)	15,46(7,20)	
		C3	6,59(3,93)	68,18(46,24)	8,89(6,54)	13,62(7,85)	

Note : *P < .05 ; **P < .01

A : âge ; M : modalité ; C : complexité ; AOI : zone d'intérêt

Tableau 5 : moyennes et écarts types (SD)

3.1 Mesures On-Line

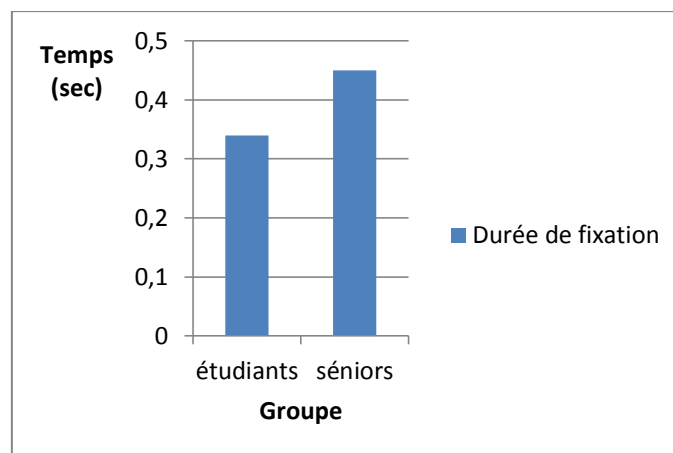
La principale mesure concernant les mouvements oculaires analysés a été la durée de fixation en seconde. Nous avons donc examiné le temps d'affichage des AOI en totalisant la somme des durées de fixations par AOI. Pour obtenir des durées moyennes de fixation, nous avons donc pondéré les durées de fixation de chaque AOI pour chaque page consultée. La durée de fixation correspond ainsi à la moyenne des temps de fixations enregistrés sur chaque AOI de

la page. Autrement dit, il s'agit de la moyenne du temps passé par chaque sujet à fixer une zone d'intérêt avant de déplacer son regard vers une autre zone. Du fait de l'inégalité de surface des AOI, nous avons utilisé comme indicateur principal le rapport entre la durée de fixation et la surface de l'AOI considérée. Il est noté « indice de fixation ».

3.1.1 Analyse de la variance sur les durées moyennes de fixation

3.1.1.1 Effet de l'Age

Une ANOVA a été réalisée avec l'Age (étudiants vs seniors) comme facteur inter sujet et la durée totale de fixation (seconde). Le graphique 5 présente l'indice de fixation moyen en fonction de l'Age des sujets.

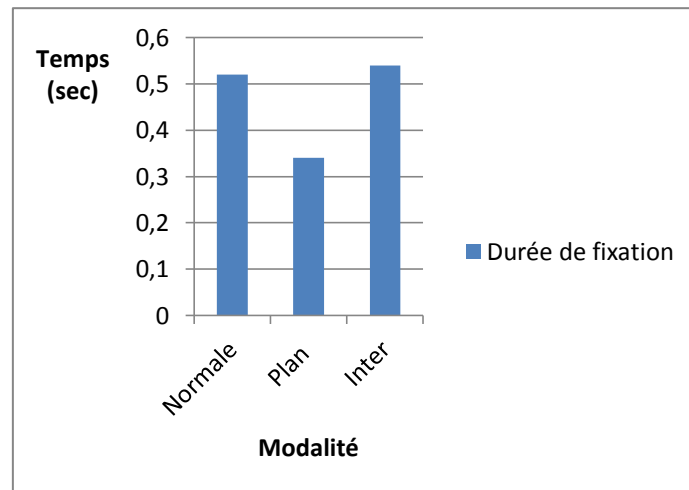


Graphique 5: indice de fixation moyen en fonction de l'Age

L'Analyse indique un effet significatif de l'Age ($F(1,51)=.92$, $p=.003$). Elle révèle que la durée d'exploration des pages web est plus longue pour les seniors que pour les étudiants. Autrement dit, les seniors ont passé davantage de temps que les étudiants à chercher la réponse à la question posée.

3.1.1.2 Effet de la Modalité

Le graphique 6 indique l'indice de fixation moyen des sujets selon la Modalité.

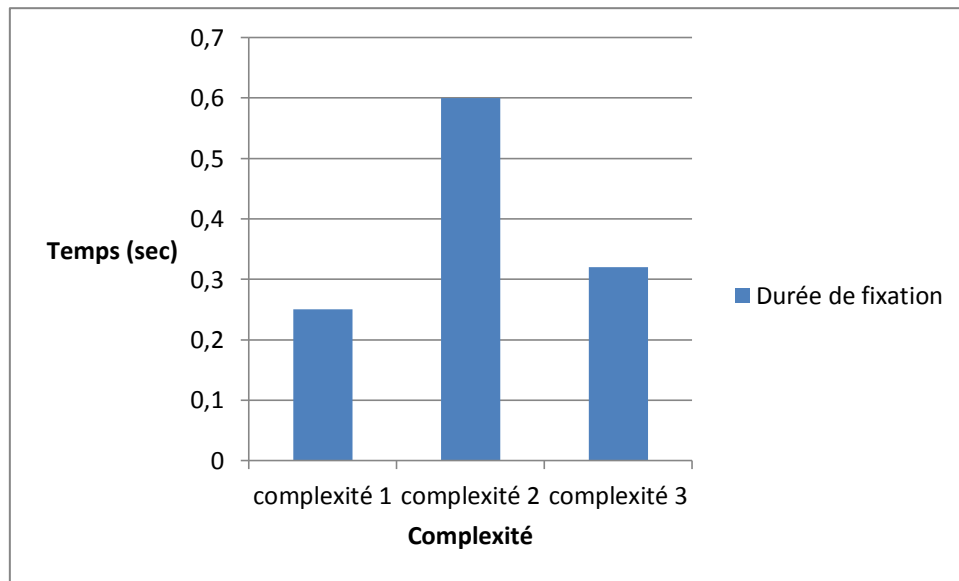


Graphique 6 : indice de fixation moyen selon la Modalité

L'ANOVA présente un effet significatif de la Modalité $F(2,51)=11.57$, $p < .01$. Les résultats obtenus induisent des différences de fixations des sujets suggérant que la modalité Plan entraîne un temps de recherche moins long.

3.1.1.3 Effet de la Complexité

Les sujets devaient répondre à 24 questions. Nous avons définis 3 niveaux de complexité en fonction de la distance de la cible (complexité 1, 2, 3). Le premier niveau de complexité comprenait une distance par rapport à la réponse comprise entre 1 et 3 ; le second niveau entre 4 et 6 ; le troisième niveau de complexité entre 7 et 9. Le graphique 7 indique l'indice de fixation moyen selon le niveau de complexité.

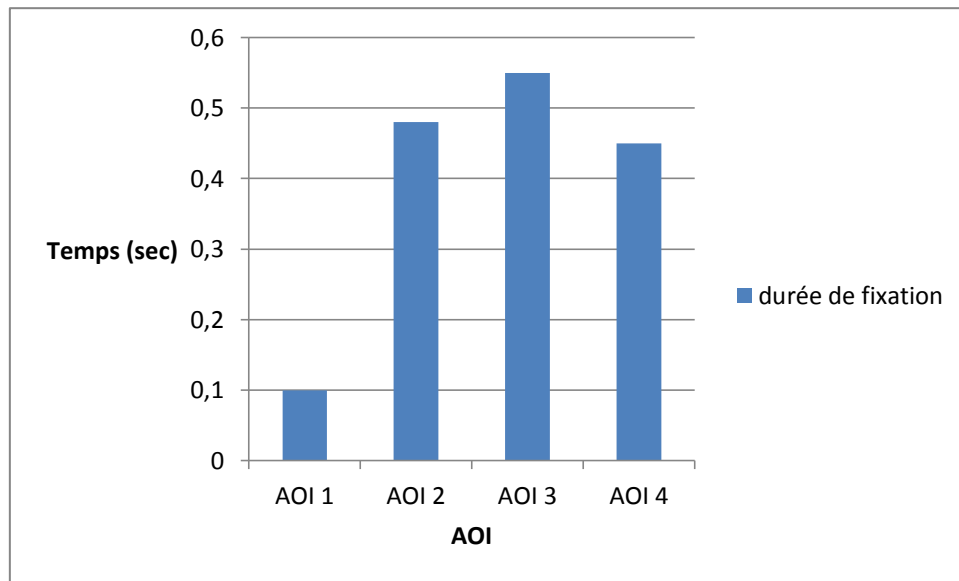


Graphique 7 : indice de fixation moyen selon le niveau de Complexité

L'analyse montre un effet significatif de la Complexité $F(2,10)=65.20$, $p < .01$, suggérant que les niveaux de complexité 2 et 3 engendrent des temps de fixation plus long que le niveau 1. La complexité des questions a donc un effet significatif sur le temps de fixation pour trouver l'information. La durée de fixation augmente entre la complexité 1 et 2 puis diminue avec la complexité 3.

3.1.1.4 Effet de l'AOI

Nous avons calculé la durée moyenne des fixations pour chaque AOI. Le graphique 8 présente l'indice de fixation moyen sur chaque AOI.

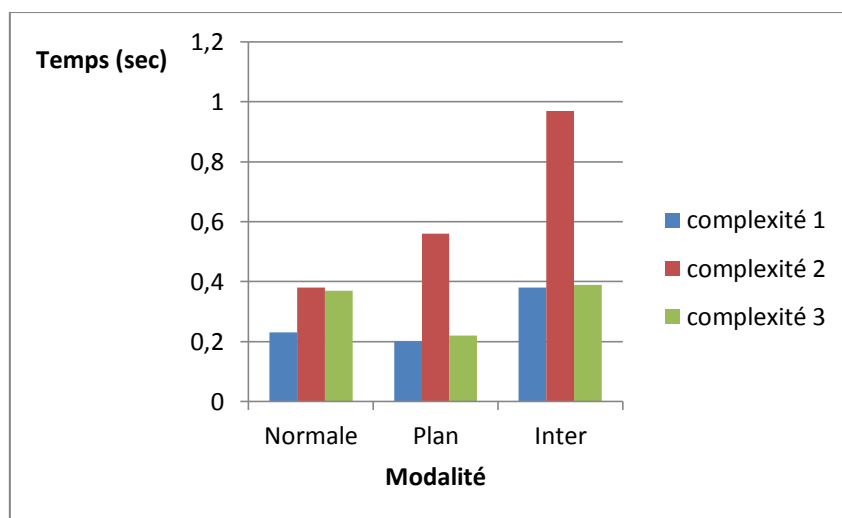


Graphique 8: indice de fixation moyen en fonction des AOI

L'Analyse révèle un effet significatif du type d'AOI $F(3,15)=45.07$, $p < .01$. La durée de fixation est plus élevée dans l'AOI 2, 3 et 4 et moins élevée dans l'AOI 1. L'interaction entre l'âge et la modalité ne met pas en évidence d'effet significatif ($F(2,51)=1.19$, $p=.31$).

3.1.1.5 Effet de l'interaction Complexité et Modalité

Le graphique 9 présente l'indice de fixation moyen de l'interaction (Complexité et Modalité).

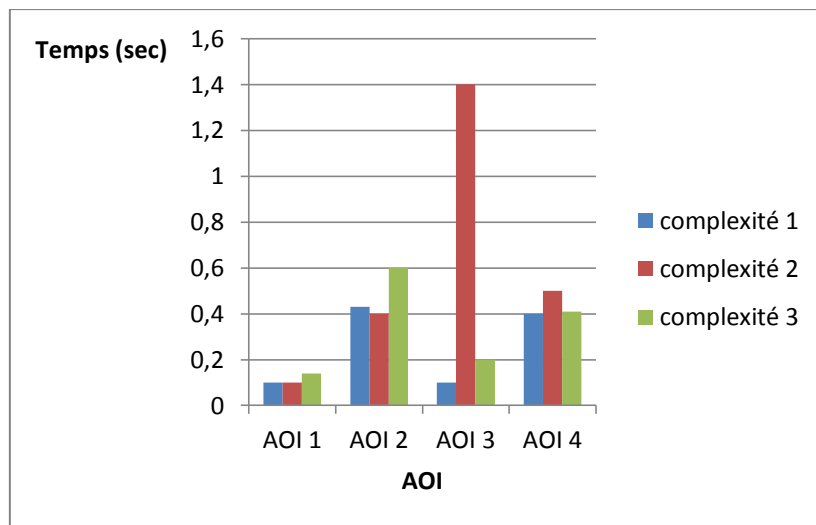


Graphique 9 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité et Modalité

L'ANOVA montre un effet significatif de l'interaction (Complexité et Modalité) ($F(4,10)=17.06$, $p < .01$). On observe ainsi que la complexité 2 entraîne un temps de recherche élevé dans chaque modalité. L'interaction entre les facteurs Complexité et Age ne met pas en évidence d'effet significatif ($F(2,10)=1.68$, $p=.18$).

3.1.1.6 Effet de l'interaction Complexité et AOI

Le graphique 10 présente l'indice de fixation moyen de l'interaction (Complexité et AOI).

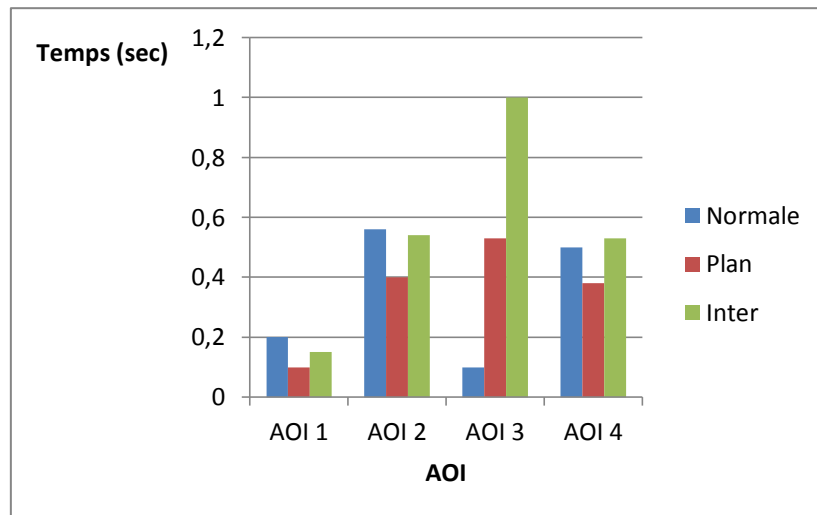


Graphique 10 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité et AOI

L'interaction des facteurs (Complexité et AOI) révèle un effet significatif $F(6,30)=85.29$, $p < .01$ montrant que les sujets ont un temps de recherche élevé dans la complexité 2 et dans l'AOI 3.

3.1.1.7 Effet de l'interaction AOI et Modalité

Le graphique 11 montre l'indice de fixation moyen de l'interaction (AOI et Modalité).

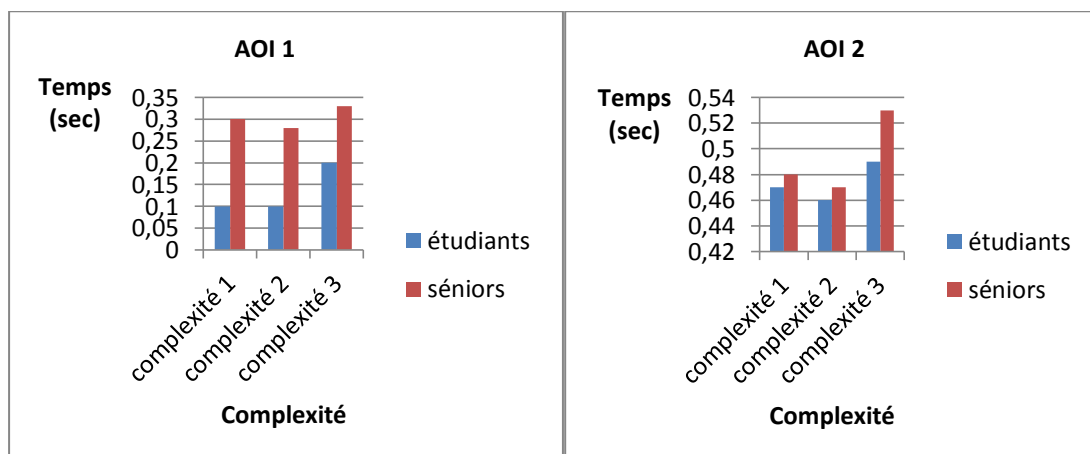


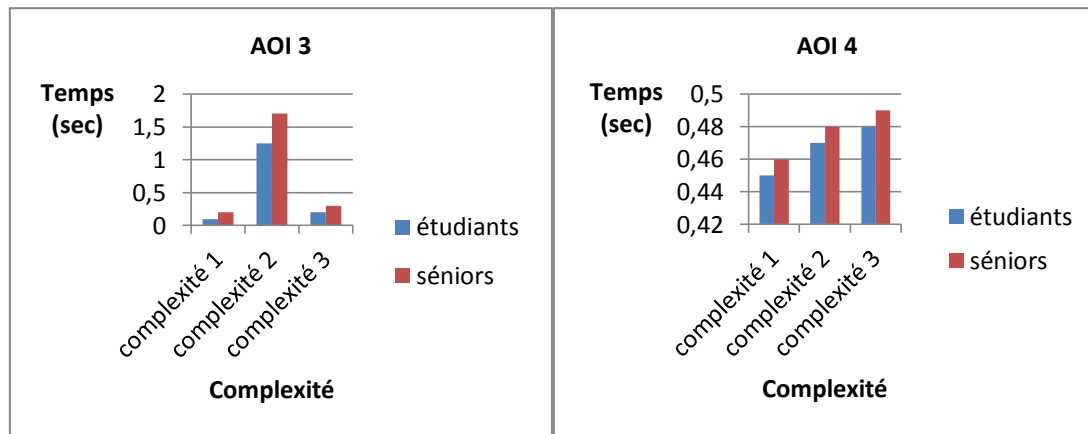
Graphique 11 : indice de fixation moyen de l'interaction AOI et Modalité

L'interaction des facteurs (AOI et Modalité) présente un effet significatif $F(6,15)=26.21$, $p < .01$ suggérant que la modalité Plan entraîne un temps de fixation moins long dans l'AOI 1, 2, et 4. L'interaction des facteurs (AOI et Age) ne révèle aucun effet significatif $F(3,15)=.77$, $p=.51$.

3.1.1.8 Effet de l'interaction Complexité, AOI et Age

Le graphique 12 présente l'indice de fixation moyen de l'interaction Complexité, AOI et Age.



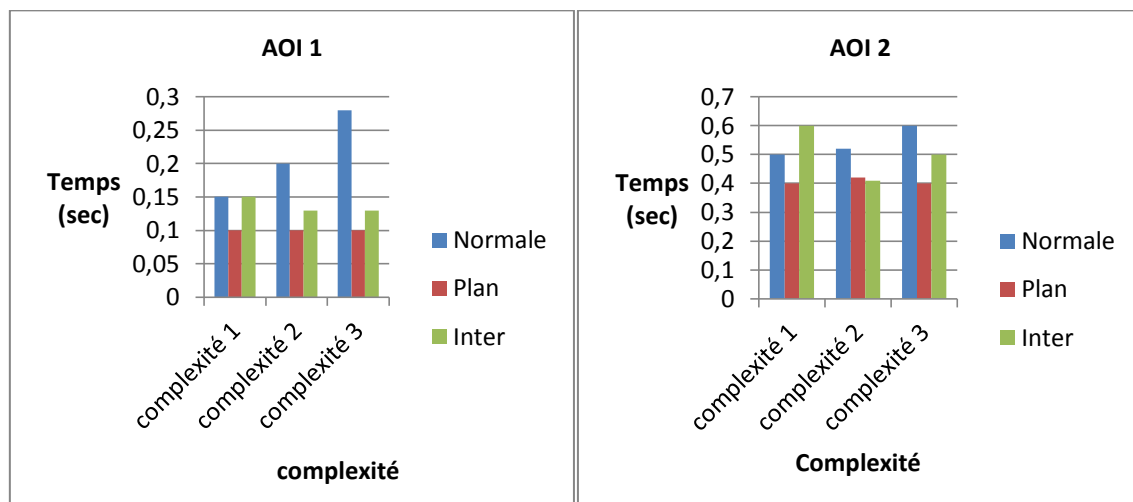


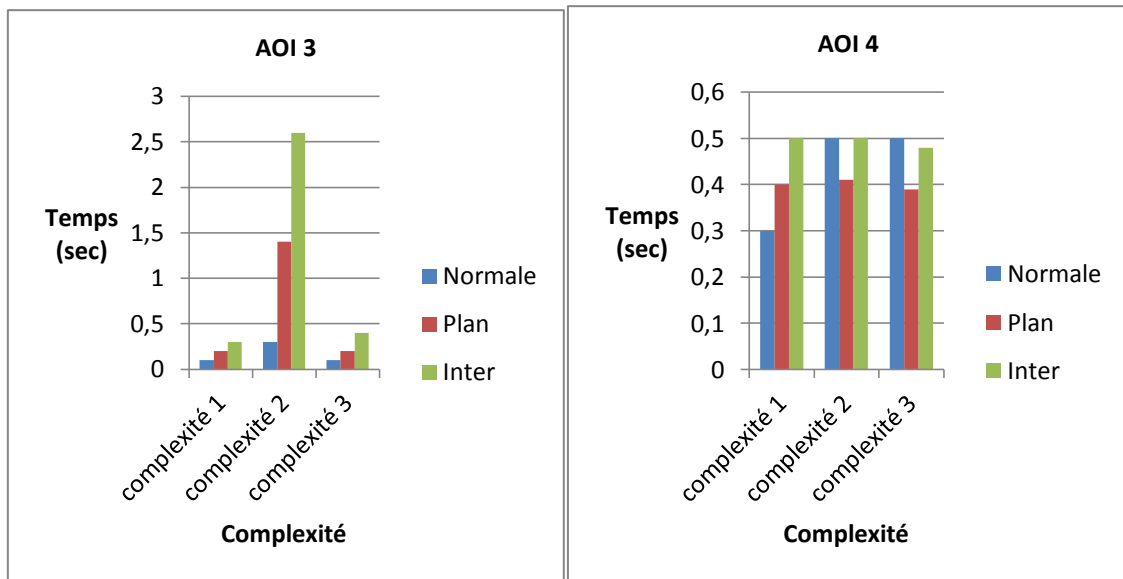
Graphique 12 : indice de fixation moyen de l'interaction Complexité, AOI, Age

L'interaction des facteurs (complexité, AOI et Age) montre un effet significatif $F(6,30)=2.50$, $p<.05$ entraînant un temps de fixation plus élevé des seniors par rapport aux étudiants dans chaque AOI. L'AOI 2 montre que le niveau de complexité 3 entraîne un temps de recherche plus élevé que dans les deux autres niveaux.

3.1.1.9 Effet de l'interaction Complexité, AOI et Modalité

Le graphique 13 présente l'indice de fixation moyen de l'interaction (Complexité, AOI et Modalité).



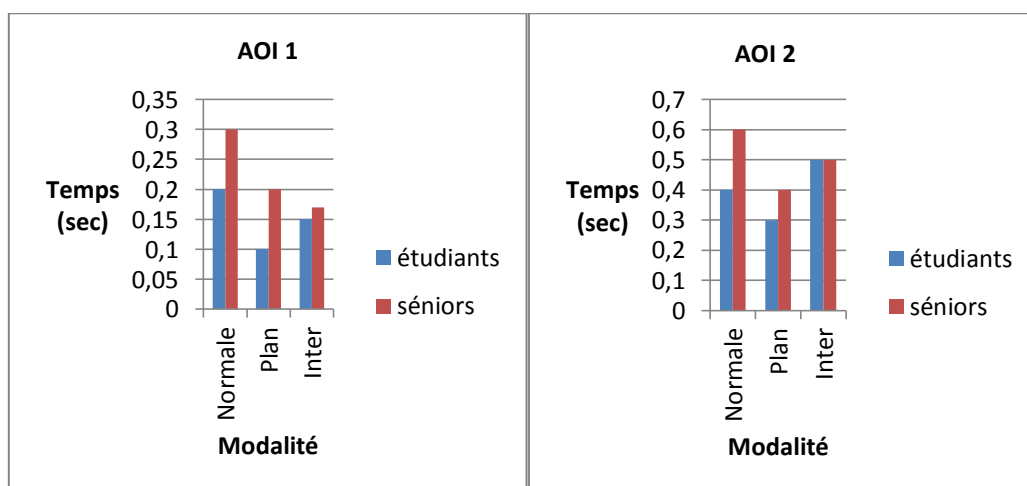


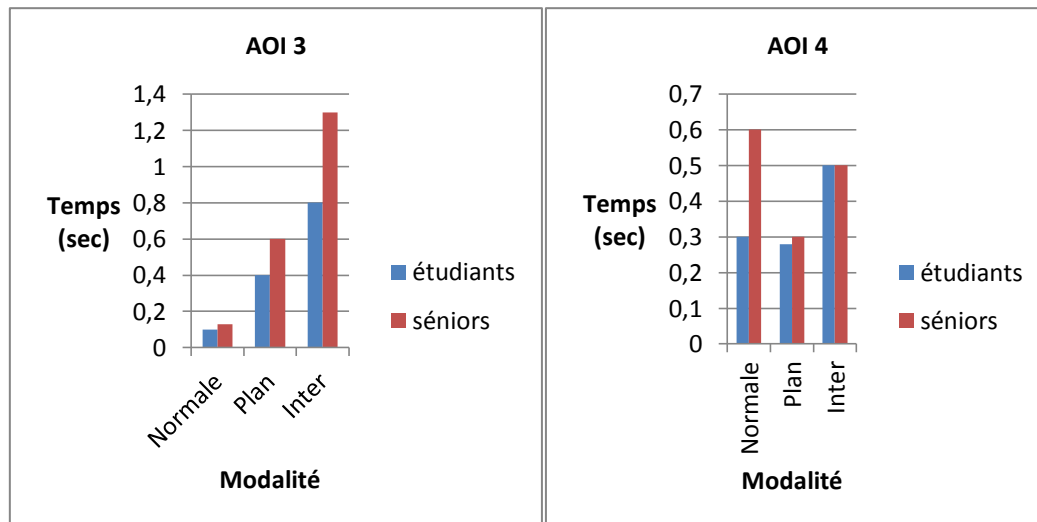
Graphique 13: indice de fixation moyen de l'interaction Complexité, AOI, et Modalité

L'analyse montre un effet significatif de l'interaction des facteurs (Complexité, AOI et Modalité), $F(12,30)=15.62$, $p < 0.01$. On observe que pour l'AOI 3, la durée de fixation des participants est élevée dans les modalités Plan et Inter. L'interaction (Complexité, Age et Modalité) ne révèle pas d'effet significatif ($F(4,10)=1.71$, $p=.15$).

3.1.2.0 Effet de l'interaction AOI, Age et Modalité

Le graphique 14 montre l'indice de fixation moyen de l'interaction (AOI, Age et Modalité).





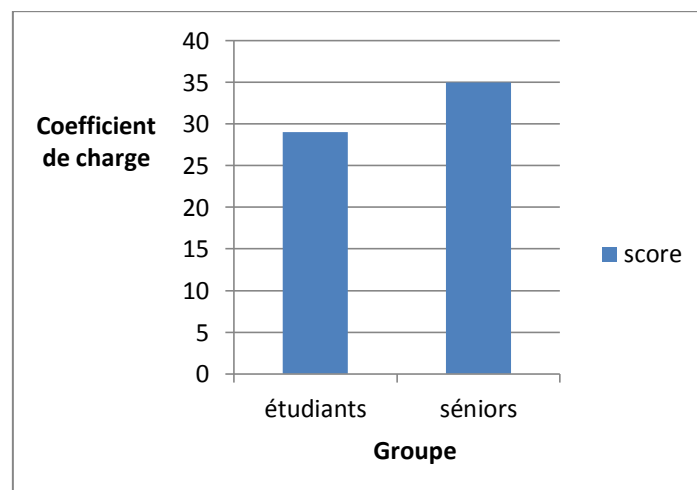
Graphique 14 : indice de fixation moyen selon l'AOI, Age et Modalité

L'interaction des facteurs (AOI, Age, et Modalité) ne révèle pas d'effet significatif ($F(6,153)=2.72$, $p=.015$).

3.2 Mesures off line

3.2.1 Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjective

Le graphique 15 présente le score de la charge mentale selon l'Age.

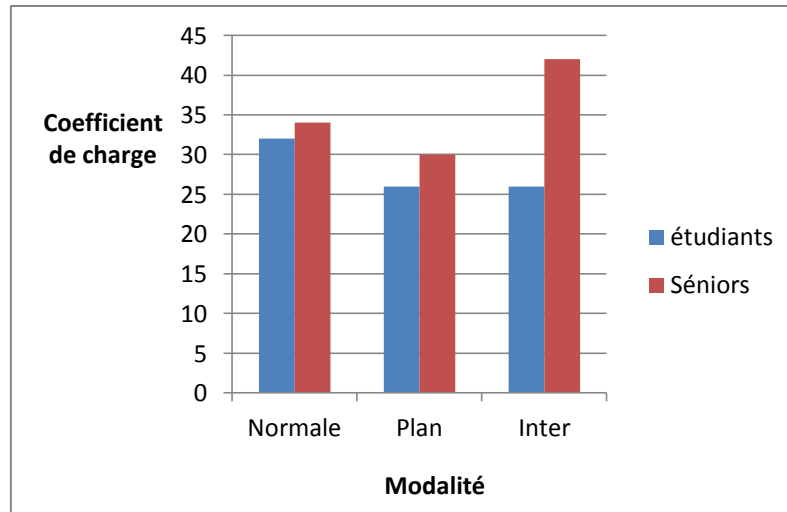


Graphique 15 : évaluation de la charge mentale selon l'Age

L'ANOVA à 2 facteurs (Age et Modalité) montre un effet significatif de l'Age $F(1,51)=8.11$, $p<.01$. Le coefficient de charge cognitive est plus élevé chez les seniors (35) que pour les

étudiants (29). L'analyse du score dans chaque modalité ne montre pas d'effet significatif ($F(2,51)=2.08$, $p=.13$).

Le graphique 16 indique le score de la charge mentale de l'interaction (Age et Modalité).



Graphique 16 : évaluation de la charge mentale de l'interaction (groupe et modalité)

L'ANOVA indique un effet significatif de l'interaction des facteurs (Age et Modalité) ($F(2,51)=4.47$, $p<.01$). Cette analyse montre que les séniors ont une charge mentale plus importante que les étudiants pour chaque modalité. On observe également que la modalité Plan entraîne une charge moins élevée pour les 2 groupes (étudiants et séniors).

En résumé, Les ANOVA réalisées ont permis d'identifier des effets simples de l'âge, de la modalité, de la complexité et du type d'AOI. Les données obtenues montrent que le temps de recherche est plus long pour le groupe séniors que pour le groupe étudiants. La modalité Plan entraîne un temps de recherche moins long de la première à la dernière question. Ces résultats confirment l'effet de la modalité et de l'âge de la première expérience. Par ailleurs, nous observons également des effets d'interaction en particulier pour les facteurs (complexité et modalité), (complexité et AOI), (AOI et modalité), (complexité, AOI et groupe), (complexité, AOI et modalité). D'une part, le niveau de complexité a une influence sur le temps de fixation des pages consultées, et d'autre part, la durée de fixation augmente à partir du premier niveau de complexité et diminue après le second niveau. La durée de fixation est plus élevée dans l'AOI 2, 3 et 4 confirmant que les sujets traitent plus ou moins intensément l'information dans les zones où est localisée l'information. Dans cette expérience, nous observons un effet significatif de l'âge de la mesure de la charge mentale subjective. Le coefficient de la charge

mentale est plus élevé chez les seniors (35) que pour les étudiants (29). Alors que dans la première expérience, nous avons relevé un effet de la modalité révélant que la condition transparente entraînait un effort moins pénible pour les sujets.

3.2.2 Test MMSE

Au test du MMSE (tableau 6), vingt-huit sujets âgés ayant bénéficié de 9 à 12 ans de scolarité ont obtenu un score supérieur ou égal à 26. Onze sujets âgés bénéficiant de 9 à 12 ans de scolarité ont eu un score inférieur à 26. Nous avons uniquement analysés les résultats des sujets présentant un score dans les limites de la normalité (supérieur ou égal à 26 sur 30). Nous avons préféré exclure les sujets dont le score est inférieur ou égal à 26 sur 30, risquant de présenter une démence plus ou moins faible.

Séniors	9 à 12 ans Scolarité
Score \geq 26	28
Score < 26	11

Tableau 6: test MMSE

3.2.3 Test Mill-Hill (adaptation en français de la forme à choix multiples par Deltour, 1993)

Au test de vocabulaire Mill-Hill (tableau 7), échelle de vocabulaire (version crayon papier) destiné à mesurer les aptitudes verbales comprenant une série de 34 mots, les sujets âgés bénéficiaient de 9 à 18 ans de scolarité et ont obtenu une moyenne de 26,40.

Séniors	9 à 18 ans Scolarité
Score moyen /34	26,40

Tableau 7 : test MILL HILL

4. Discussion

Cette étude avait pour objectif d'étudier les comportements oculaires de sujets jeunes et âgés dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Nous avons fait l'hypothèse selon laquelle le système d'information utilisant un dispositif d'affichage immersif avec prévisualisation des pages permettait d'obtenir de meilleures performances sur le temps de recherche et d'alléger les ressources cognitives en mémoire de travail. Les résultats obtenus vont dans le sens de l'hypothèse.

L'enregistrement des mouvements oculaires nous a permis d'examiner des différences de traitement entre chaque groupe (étudiants *vs* seniors) dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Les analyses ont montré une différence significative révélant que les seniors ont passé davantage de temps que les étudiants à explorer les réponses possibles. Les résultats observés pour les seniors concordent avec la littérature sur le vieillissement qui montre que ceux-ci ont des comportements différents par rapport à une population jeune. Les recherches déjà conduites dans des domaines très variés de la cognition (mémoire, résolution de problèmes, raisonnement) ont permis de découvrir qu'entre 20 et 70 ans, l'efficacité du système cognitif peut diminuer jusqu'à 40% (Craik & Salthouse, 2000). En effet, à l'inverse des étudiants qui présentent une tendance à trouver assez vite l'information, les seniors éprouvent en revanche plus de difficultés à la repérer et mettent un temps plus long à la localiser. On peut supposer que les limites de la capacité de la mémoire de travail peuvent être rapidement saturée par le nombre d'éléments à retenir durant la recherche (items de recherche, pages visitées, position dans la modalité de recherche...) entraînant ainsi une vitesse de traitement réduite de l'information. Selon Salthouse (1991), les mécanismes par lesquels le ralentissement cognitif engendre une diminution des performances cognitives avec l'âge permettent d'expliquer cette diminution dans le stockage des informations en mémoire de travail. Il en résulte une baisse des performances en résolution de problèmes et des stratégies de recherche moins efficaces. Ceci peut conduire le sujet à se créer une représentation du problème de moins bonne qualité. Ainsi, la recherche de la réponse effectuée plus lentement s'avère moins efficace et plus compliquée. Néanmoins, il ne faut pas sous-estimer l'intervention possible d'autres facteurs, cognitifs ou non. Par exemple, les seniors ont une attitude plus négative vis-à-vis des nouvelles technologies (Czaja & Sharit, 1998) et ont tendance à sous-estimer leurs connaissances vis-à-vis des ordinateurs. Des études

rapportent qu'ils ont une anxiété plus forte vis à vis de l'utilisation d'Internet et un sentiment d'auto-efficacité plus faible que les jeunes (Ellis & Allaire, 1999; Marquié & Huet, 2000 ; Marquié, Jourdan-Boddaert, & Huet, 2002).

L'étude de l'effet de la modalité révèle que les sujets bénéficient du dispositif d'affichage immersif avec prévisualisation. Les résultats montrent que l'indice de fixation dans la modalité Plan est plus réduit que dans les deux autres modalités. On peut donc supposer que le sujet opère un traitement différent selon la modalité présentée. Dans la modalité Normale, il procède par « essais/erreurs » et effectue des retours en arrière sur des pages déjà visitées (Tricot, 1993), ce qui va gêner tant le processus de recherche d'information que celui de compréhension et de surcroît entraîner un temps de recherche plus long. Il en résulte qu'il déconstruit à chaque fois la représentation qu'il a du but dès lors que le résultat de sa recherche ne correspond pas ou plus à son objectif de recherche. Tandis que dans la modalité Plan, il survole les liens proposés. Il procède par essai mais avec pour chaque lien, une pré visualisation réduite des pages qu'il visite. Il n'est pas guidé par une navigation de type essai/erreur, mais aurait tendance à explorer librement chaque lien. Il se pourrait qu'il construise lui-même le sens de la représentation du but en visualisant directement les contenus d'information dans chaque escamot. Il chercherait à obtenir une représentation cohérente avec ce qu'il sait de la question en rapport avec les informations présentées. Cela peut le conduire d'une certaine manière à traiter les informations à des niveaux de profondeur différents selon la sélection ou l'orientation qu'il concède à ses objectifs de recherche.

La modalité Plan permet de réduire les temps de recherche et conduit à de meilleures performances en améliorant le traitement cognitif des sujets. Elle permet au sujet d'effectuer sa recherche plus rapidement, dans la mesure où la distance entre la représentation qu'il a du but et le but à atteindre se trouve réduite. Il n'aurait pas à intégrer toutes les étapes ou tous les chemins intermédiaires pour parvenir au but de sa recherche. Le fait de pouvoir pré-visualiser un ensemble d'informations lui permettrait de faire rapidement les bons choix. Cette prévisualisation lui permettrait d'affiner davantage sa représentation du but à atteindre, notamment lorsque le contenu de la question comprend un nombre élevé d'items de recherche. Dès lors, le sujet est contraint de porter son attention sur un plus grand nombre d'éléments pour juger de la pertinence d'un élément par rapport à un autre. Il se peut que la comparaison « éléments pertinents / éléments non pertinents » nécessite un traitement plus approfondi car à chaque fois il doit mettre ceux-ci en adéquation avec sa représentation du

but. Ce qui entraîne ainsi une charge dans la mémoire de travail. La pré visualisation peut sans doute alléger ce mécanisme de comparaison entre le but de la recherche et les informations présentées. Le sujet doit rechercher des éléments précis et pertinents pour répondre à la question posée. Il doit donc « désactiver » sa représentation de l'objectif de manière temporaire à chaque fois qu'il effectue une comparaison avec d'autres informations et la réactiver dès lors que les éléments ne correspondent pas ou plus à la question posée.

L'étude de la complexité montre la difficulté d'intégration mentale des informations qu'ont les sujets quand il y a une surabondance d'information présentée, ce qui ne facilite en aucun cas ni le processus de compréhension ni l'apprentissage (Dillon et al, 1990). Pour rappel, la tâche consistait à rechercher un appartement en fonction des critères affichés. Autrement dit, les sujets devaient résoudre un problème de recherche c'est-à-dire trouver les caractéristiques précises du logement et les mettre en adéquation avec les critères de la question. La consigne était donc claire et bien définie. Si on reprend le modèle de Rouet et Tricot, on peut avancer l'interprétation suivante :

La phase d'évaluation correspond à la construction du sens de la question posée. Au cours de cette phase, le sujet fait une estimation des informations qui lui sont nécessaires pour répondre à la question posée, et élabore ainsi la ou les stratégies qui vont lui permettre de trouver l'information pertinente dans l'environnement qu'il explore. Le déroulement de cette phase pourrait dépendre de la compréhension de l'énoncé. D'après nos observations, il ne semble pas que la compréhension de l'énoncé ait posé de problème particulier. Les relectures de la consigne ne reflétaient pas tant des difficultés de compréhension, mais plutôt des activités de vérification entre la question et les informations trouvées

Dans la phase de sélection, le sujet détermine l'item de recherche pour chaque information qu'il consulte. Par exemple, à la lecture de la consigne : « vous recherchez un studio, surface 21 m², meublé, avec garage... », il sélectionne l'item de recherche le plus proche de son but de recherche et inhibe les autres items pour ne pas encombrer sa mémoire de travail. Dès lors, il effectue une recherche dans le descriptif du logement. Le déroulement de ce processus dépend des différentes modalités d'accès à l'information pertinente, et de la capacité de la mémoire de travail à activer et désactiver simultanément plusieurs types de représentations (exemple : la question posée, les pages ou le type d'informations qu'il a déjà visité, celles qui restent à explorer et son positionnement dans le système).

Dans la phase de traitement de l'information, le sujet opère une sorte de filtrage des informations qu'il a lue. Il est amené à élaborer ou mettre en œuvre des stratégies discriminant les éléments pertinents parmi le nombre d'informations qui se présentent. Les informations qu'il prélève pour être traitées traduisent l'importance qu'il accorde à leur degré d'urgence et donc à leur signification. Il détermine si l'information lue « contribue au but poursuivi, et le cas échéant intègre l'information ainsi acquise à celle rencontrée précédemment » (Rouet & Tricot, 1995). Lorsque la question comporte peu d'items de recherche, il effectue une recherche approfondie c'est-à-dire qu'il lit toutes les informations en rapport avec la question posée. Lorsque la question comporte un nombre moyen d'items de recherche, il privilégie certains critères au détriment d'autres critères. Autrement dit, il procède par élimination pour ne pas avoir à exécuter une recherche couteuse. Il ne traite que l'information utile. Quand le nombre d'items de recherche est trop élevé, il sélectionne le critère le plus pertinent qui lui permettra de trouver rapidement la réponse. Cette discrimination sans pour autant éliminer les autres critères lui permet de localiser rapidement l'information répondant ainsi de manière satisfaisante au but de sa recherche. Nous avons pu relever au cours de nos observations certains détails intéressants. Certaines questions nécessitaient de trouver un logement avec un ascenseur. En conséquence, tous les logements situés en rez de chaussée étaient systématiquement éliminés des recherches. En revanche, les logements situés en étage faisaient l'objet d'une recherche approfondie. Par ailleurs, nous avons pu observer également que les seniors manifestaient des représentations différentes de celle des étudiants, car certains étant déjà propriétaires de leur propre logement. Par exemple, ils admettent ainsi que la surface des logements à la campagne est souvent plus importante qu'en ville. Par exemple, rechercher une maison comportant 2 chambres et un salon avec une surface de 56 m² relève presque de l'exception si celle-ci se situe en campagne. Ces connaissances du domaine acquises par les seniors révéleraient que ceux-ci pourraient ignorer les informations non valides dans un système de recherche d'information.

4.1 Synthèse des expériences 1 et 2

Les deux études présentées ci-dessus ont cherché à mieux préciser le comportement d'une population (étudiants *vs* seniors) confrontée à différentes modalités de recherche dans le cadre d'une tâche de recherche d'information à l'intérieur d'un site web.

Dans la première expérience, les résultats obtenus valident l'hypothèse de l'effet significatif de la modalité transparente. Elle permet de réduire le temps de recherche ainsi que le nombre de consultation de la consigne réduisant ainsi la charge cognitive allouée à la tâche.

Dans la seconde expérience, nous voulions vérifier si l'ajout d'une condition supplémentaire permettait de valider l'effet significatif de la modalité transparente. La technique Eye - Tracking nous a permis d'examiner les parcours oculaires de chaque sujet (étudiants vs seniors) dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Les résultats obtenus montrent que dans la modalité Plan, les sujets bénéficient du dispositif de prévisualisation. L'indice de fixation dans cette modalité est plus réduit que dans les deux autres modalités. Par ailleurs, les seniors mettent plus de temps que les étudiants à explorer les réponses possibles dans chacune des modalités. Afin de mieux préciser, les résultats de ces deux études, nous prenons comme référence la description générale des activités de recherche d'informations donnée par (Rouet & Tricot, 1998). Le tableau 8 retrace les principales étapes du modèle EST (Rouet & Tricot) dans le cadre des expériences 1 et 2 présentées ci-dessus.

	Tâche de recherche d'information	Évaluation	Sélection	Traitement	Observations
<u>Expérience 1 :</u> modalité Habituelle	Lecture de la consigne	Evaluation du degré de pertinence de la question posée	Sélection des items et détermination du plan de recherche	Maintien dans la mémoire de travail des items de recherche et mise en correspondance avec le résultat de la recherche	Stratégie essai / erreur. Si le résultat ne correspond pas à la question posée, le sujet redéfinit un autre plan de recherche
<u>Expérience 1 :</u> modalité Transparente	Lecture de la consigne	Choix d'un ou plusieurs items de recherche	Sélection des éléments pertinents en tenant compte de la question posée, des critères de recherche et de l'information visible	Intégration des éléments sélectionnés et comparaison des informations trouvés avec les items de recherche de la question posée	La prévisualisation de l'escamot facilite le traitement des informations
<u>Expérience 2 :</u> modalité Normale	Lecture de la consigne	Estimation des informations nécessaires pour répondre à la consigne	Détermination d'un item de recherche pour chaque information qu'il consulte	Filtrage des informations collectées	Stratégie essai/ erreur et redéfinition d'un nouveau plan de recherche
<u>Expérience 2 :</u> modalité Inter	Lecture de la consigne	Degré de pertinence par rapport à la question posée	Choix d'un lien cible à examiner	Inspection des critères de recherche dans le descriptif du logement	Cible les liens sur l'arborescence du site
<u>Expérience 2 :</u> modalité Plan	Lecture de la consigne	Ajustement des critères cibles trouvés par rapport à la question posée	Sélection et exploration des liens cibles	Comparaison éléments pertinents/ non pertinents. Le sujet affine la représentation du but de sa recherche	La prévisualisation de l'escamot facilite le traitement des informations

Tableau 8: mise en correspondance des trois phases, Evaluation, Sélection, Traitement dans les deux expérimentations

L'évaluation correspond au degré de pertinence de la question posée, de l'estimation faite par le sujet pour répondre à la question. La pertinence, ici, implique que le sujet a compris la consigne. Elle permet au sujet d'avoir une représentation du but à atteindre. Autrement dit, le

sujet doit élaborer lui-même le but de sa recherche en prélevant les informations susceptibles de l'aider à le définir. Une fois réalisé, il met en œuvre les actions nécessaires pour parvenir au but à atteindre. Cette notion d'évaluation marque bien chez le sujet une étape décisive dans la représentation qu'il se fait du but à atteindre.

La sélection donne la possibilité au sujet de choisir telle information plutôt qu'une autre. Le sujet doit choisir parmi les options proposées, le type d'information le plus pertinent par rapport à son but de recherche. Dans la modalité habituelle/Normale, le sujet sélectionne les items de recherche et construit son plan de recherche en vue de répondre à la question de l'énoncé. Il peut revenir en arrière autant de fois qu'il le souhaite s'il juge que la réponse trouvée ne correspond pas au but de sa recherche. Dans la modalité Transparente / Plan, le sujet peut aisément repérer sa position et s'orienter dans l'arborescence tout en explorant les informations proposées par le système (vue d'ensemble).

Pendant le traitement, le sujet intègre les éléments collectés durant la phase de sélection et les compare aux informations trouvées. Les informations prélevées traduisent l'importance que le sujet accorde à leur catégorie d'urgence et donc à leur signification. La phase de traitement permet au sujet de construire une représentation partielle ou complète du but de sa recherche par l'activation ou la désactivation des items de recherche dans la mémoire de travail. Cette phase permet au sujet d'affiner le but de sa recherche car il filtre les informations qu'il a lues et inhibe éventuellement celles qui ne sont pas en adéquation avec son besoin en information. Il est donc amené à élaborer et mettre en œuvre des stratégies discriminant les éléments utiles parmi la quantité importante d'information qui se présente à lui.

Ces deux études expérimentales montrent qu'une tâche de recherche d'information peut être décrite comme un cycle qui inclut des phases d'évaluation, de sélection et de traitement ainsi que d'autres interactions mises en œuvre entre ces phases. Toutefois, il semble encore difficile de caractériser de manière précise chaque phase du modèle par un mécanisme cognitif. Les informations relatives entre ce que vivent les sujets et les représentations de leurs connaissances (stockées en mémoire à long terme) évoluent en fonction de l'interaction (Norman, 1983).

Les expériences 1 et 2 ont donc montré l'intérêt du dispositif par transparence (Plan à la demande) dans une activité de recherche d'information. Dans la troisième expérience, nous cherchons à tester ce dispositif sur de nouvelles formes d'ordinateur dont la caractéristique principale est la taille réduite de l'écran. Les systèmes interactifs tactiles se sont largement

répandus ces dernières années, notamment par la démocratisation des Smartphones et plus récemment des tablettes tactiles. C'est donc un système intéressant qu'il convient de tester sur une tablette tactile puisqu'il permet d'enlever les zones de navigation et de les afficher à l'écran seulement à la demande (gains de place).

**Chapitre 13 : Facteurs influençant la
recherche d'information avec un dispositif
mobile tactile et un dispositif de pointage
manuel**

1. Vers de nouvelles formes d'ordinateurs

Les ordinateurs actuels sont devenus de plus en plus petits, laissant place aux netbooks, PDA, tablettes, ou téléphones multifonctions dont la plupart d'entre nous ne saurait maintenant se passer. Le tactile est en vogue et sa présence est de plus en plus grande : que ce soit au niveau des téléphones, des imprimantes, des appareils photo, des appareils électroménagers... Les écrans tactiles sont connus dans les lieux publics (par exemple les bornes de réservation de la SNCF, les guichets bancaires, etc.). On les retrouve de plus en plus dans les foyers avec l'arrivée de l'iPhone d'Apple. Ils font partie de ces nouvelles formes d'ordinateurs, différents à la fois dans leur conception et dans leur utilisation, ce qui leur permet notamment d'assister les utilisateurs dans des activités dont le contexte n'est pas suffisamment bien supporté par le PC. L'utilisateur peut désormais interagir avec, tout en restant connecté au reste du monde et ce, grâce aux avancées des réseaux sans fil. Nous entrons ainsi dans l'ère du tactile, où l'utilisateur n'interagit plus simplement avec un clavier et une souris mais avec les doigts ou des objets de tous les jours. Ces nouvelles Interactions Homme - Machine sont permises et sont considérées comme de nouveaux supports de communication permettant non seulement un très grand affichage mais des interactions nouvelles. Pour bien comprendre ce qu'est une tablette interactive, intéressons-nous à son évolution.

2. De l'ordinateur aux tablettes tactiles

L'apparition et l'évolution permanente des tablettes tactiles nous invitent à étudier les nouvelles problématiques qui se posent à l'utilisateur dans son interaction avec ces terminaux. L'ensemble de ces changements nous amène à soulever les problèmes associés à ces utilisations. Au même titre que pour l'ordinateur, il est nécessaire de comprendre les interactions ou les utilisations possibles. Toutefois, contrairement à l'ordinateur qui a su s'imposer dans la vie quotidienne et dans bon nombre de foyers, et que nous utilisons avec une souris informatique, les tablettes tactiles ne possèdent pas de périphériques d'interaction directs. C'est pourquoi il est pertinent, de la même manière qu'avec un périphérique tel que la souris, de prendre en considération l'utilisation de ces tablettes. Les tablettes sont relativement différentes des ordinateurs que nous pouvons utiliser tous les jours. Weiser (1999), annonçait que les ordinateurs feraient partie de la vie courante au 21ème siècle. L'ordinateur personnel est effectivement devenu un outil indispensable. Pour certains

utilisateurs, il sert à travailler ou à naviguer sur internet ; pour d'autres il sert à jouer ou à concevoir. L'utilisation de périphériques (clavier, souris, écran) est devenu courante pour un grand nombre d'utilisateurs ayant su s'adapter à ces périphériques imposés. Les interfaces permettent à l'utilisateur d'interagir avec le système depuis l'écran de l'ordinateur grâce à un dispositif de pointage (souris), et à des éléments d'interface comme des fenêtres, des menus déroulants et des icônes, qui représentent les commandes actionnables. L'utilisation d'une souris permet de manipuler, sélectionner, déplacer ces objets. Les menus contiennent les actions et les propriétés applicables à ces objets. Les tablettes nécessitent une toute autre utilisation. Elles ne possèdent en effet pas ces périphériques cités précédemment. Toutefois, interagir avec une tablette interactive n'implique pas les mêmes situations d'utilisation qu'une interface graphique classique et engendre de ce fait une interaction particulière. Elle offre à l'utilisateur la possibilité d'exercer une manipulation directe presque intuitive.

3. Présentation de la tablette tactile

Une tablette tactile (Figure 35) est une forme d'ordinateur dont l'écran est capable de détecter à sa surface le contact d'un doigt, d'un stylet ou d'une main. Dans la littérature, on parle parfois de « *Touchscreen* » que nous pouvons traduire par écran tactile. Dans ce terme, deux parties se distinguent dans cette traduction : la partie écran et la partie tactile. Ces deux parties montrent que la tablette est à la fois un périphérique d'entrée (la partie tactile) et un périphérique de sortie (la partie écran). Le tactile fait référence au sens du toucher, il faut un toucher direct entre le doigt et l'écran. Dans ce cas, un dispositif se positionnant entre le doigt et l'écran n'est pas une interaction tactile : c'est le cas du stylet par exemple. Le tactile est par définition une interaction de type interaction directe. Il a par conséquent une charge cognitive moins importante qu'une interaction indirecte comme la souris et c'est pourquoi il est favorisé pour les personnes âgées (Wood et al. 2005).



Figure 35: tablette tactile

4. Les dispositifs de pointage tactiles

Les dispositifs tactiles sont donc aujourd'hui de plus en plus présents dans nos vies quotidiennes. Différents formats, transportables et avec des capacités (de puissance et de stockage) qui vont rejoindre de plus en plus celles des ordinateurs de bureau, ces dispositifs sont souvent assimilés à des ordinateurs miniaturisés. Cependant leur utilisation est soumise à des contraintes différentes : petits écrans tactiles, et modes d'entrée différents et limités (stylet, clavier réduit ou inexistant). De plus, ils s'utilisent en condition de mobilité (lorsque l'utilisateur se déplace, par exemple). Ainsi, un dispositif tactile se tient généralement à une main, en interagissant avec le pouce ou l'index. Mais ce style d'interaction à une main n'est pas toujours adapté. Nous avons par exemple l'habitude d'interagir avec des cibles relativement petites sur nos ordinateurs car la souris nous apporte la précision nécessaire à leur sélection. Sur un dispositif tactile, l'interaction aux doigts, plus larges que le curseur d'une souris, diminue très fortement la précision et rend les cibles difficilement sélectionnables. Pour répondre à ce problème, certaines cibles de l'iPhone sont par exemple agrandies, mais c'est au détriment du nombre de cibles affichées à l'écran.

Cet exemple, parmi bien d'autres, montre que les interfaces tactiles ne peuvent pas être de simples adaptations de celles des ordinateurs conventionnels. Il n'est donc pas aisé de créer des techniques réellement adaptées aux dispositifs tactiles. De plus, les interfaces qui reposaient sur l'utilisation du clavier et de la souris, ne correspondent plus à ce nouveau contexte d'usage et doivent être repensées pour s'adapter au cas des dispositifs tactiles. Les travaux sont peu nombreux sur la question de l'interaction sur écrans tactiles. Toutefois, de nombreuses applications sont, aujourd'hui encore, construites sur les styles d'interaction des

ordinateurs de bureau. On peut s'interroger sur les capacités interactives de ces dispositifs, et sur l'interaction avec de telles ressources ? Quelles ressources mobilise l'utilisateur ? Peu d'études traitent de la question (en particulier aucune ne reflète vraiment la réalité d'utilisation des tablettes, qui s'utilisent préférentiellement à une main). Néanmoins, certaines difficultés peuvent apparaître, par exemple, lorsqu'un utilisateur utilise une tablette, le pouce ou l'index peuvent masquer une partie de l'interface et des cibles. De plus, les bords peuvent aussi être difficilement accessibles à cause de la morphologie de la main. L'index ou le pouce peuvent aussi être plus instable qu'un stylet et il peut être plus difficile de pointer précisément une cible. En fait, il est difficile pour l'utilisateur de prédire la position du pointeur sous son doigt. Des études sur le pointage pourraient ou devraient être réalisées pour mieux mettre en évidence les problèmes éventuels de ces nouvelles techniques d'interaction.

I. Expérience 3 : Etude des facteurs influençant la recherche d'information avec un dispositif mobile tactile

1. Objectif

Les nouveaux dispositifs interactifs tels que les tablettes tactiles, permettent de faire coïncider l'espace d'affichage avec la surface tactile. De ce fait, ces dispositifs ne nécessitent plus nécessairement un périphérique (souris/stylet) pour manipuler l'information : l'utilisateur peut directement « toucher du doigt » une icône ou une application sur l'écran et la manipuler. Ce travail a pour objectif de mieux comprendre les processus cognitifs mis à l'œuvre lors de la réalisation d'une tâche de recherche d'information effectuée avec un dispositif tactile. Tout en analysant l'influence d'un tel système sur les mécanismes de recherche d'information, nous le comparons à un autre dispositif de pointage manuel (expérience 4). Deux modalités de recherche (Normale vs Plan) sont comparées afin de pouvoir analyser les effets de ce dispositif. Nous postulons qu'il devrait offrir une meilleure interaction entre l'utilisateur et le système et engendrer de meilleures performances (réduction du temps de recherche, diminution de la charge inutile et amélioration de la charge utile en mémoire). Nous avons demandé à une population (jeunes vs âgés) de répondre à des questions dans le cadre d'une recherche de logement. Les variables dépendantes manipulées sont le temps de recherche, le nombre de consultations de la consigne et le nombre de pages consultées et le score Nasa tlx. Les variables indépendantes manipulées sont, le type de modalité, l'âge, et la complexité de la recherche (variable intra-groupe).

2. Méthodologie

2.1 Sujets

L'expérience a été menée sur une population de cinquante sujets répartis en deux groupes d'âges distincts. Trente étudiants de niveau BAC+2 dont la moyenne d'âge est de 21 ans et vingt seniors titulaire du brevet des collèges dont la moyenne d'âge est de 69 ans.

2.2 Matériel

Nous avons construit un site d'agence immobilière présentant une architecture simple et permettant aux utilisateurs de visiter toutes les pages. Il comprend des photos d'appartements et de maisons accompagnées de textes descriptifs (Figure 36). Le sujet a pour consigne de rechercher un logement en tenant compte des critères cibles de la question. Les questions sont

identiques dans chacune des modalités présentées. Un programme permet d'enregistrer la question, le temps consommé, le nombre de pages visitées.

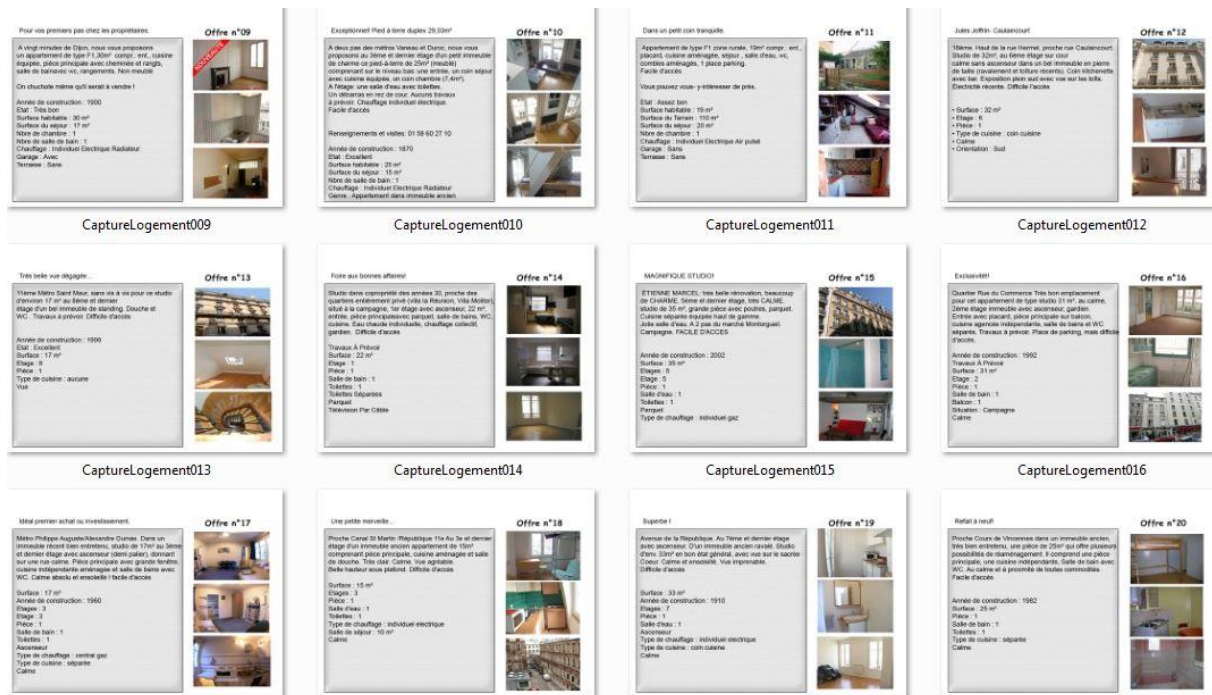


Figure 36 : capture d'écran photographies de logements

1.3 Le dispositif tactile

Il comprend un écran tactile (Figure 37) sur lequel le sujet interagit à l'aide des doigts. Il fonctionne avec le système d'exploitation « Android ». Nous testons deux modalités (Normale *versus* Plan) qui offrent plusieurs niveaux de sélection sur chaque page.



Figure 37 : tablette tactile

La modalité Normale permet au sujet d'accéder à l'information via la page d'accueil (Figure A). Dès qu'il a pris connaissance de la consigne de recherche, il sélectionne le type de logement en exerçant un appui du doigt sur la surface tactile. Il parcourt ainsi plusieurs pages

(surface, ville/campagne ; meublé/ non meublé...). Dès qu'il parvient à la page comprenant le descriptif et la photo du logement (Figure B), il évalue la pertinence des informations présentées par rapport à la consigne de départ. En appuyant du doigt sur le lien « retour » (Figure C), le sujet peut ainsi revenir en arrière à chaque fois et autant de fois qu'il le souhaite si l'information trouvée ne correspond pas à la question posée.



Fig: A



Fig: B



Fig: C

La modalité Plan est présentée sous la forme d'une arborescence ou apparaît l'ensemble des rubriques à savoir : le type de logement, la surface, le lieu, meublé ou non-meublé, avec ou sans garage, et la photographie du logement (Figure D). Le sujet peut faire apparaître un escamot en exerçant un appui sur la surface tactile (Figure E). Un premier appui fait apparaître un escamot et dans un second appui, la page d'intérêt dans son intégralité comme s'il avait cliqué sur le lien (Figure F). Si l'information trouvée correspond à la question posée, il valide la réponse par un appui du doigt sur la surface sélectionnée (Figure G). Cette modalité met en avant une notion de profondeur du document consulté en présentant le contenu des rubriques et leur niveau de précision.

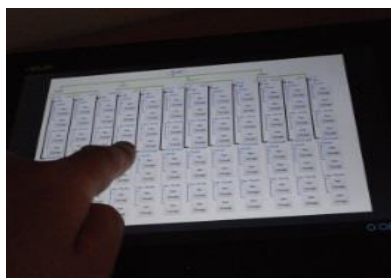


Fig: D



Fig: E



Fig: F

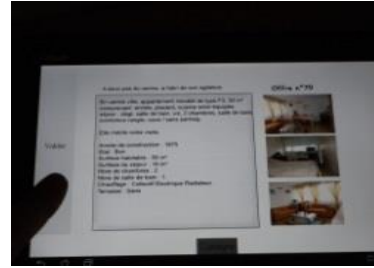


Fig: G

2.4 Procédure

La procédure comporte 3 phases :

- Une phase de pré test,
- Le test,
- Les questionnaires Nasa Tlx, MMSE et MILL HILL.

Première phase : le sujet est d'abord invité à s'asseoir devant une tablette tactile. Les consignes sont données oralement par l'expérimentateur. Pour s'assurer de sa bonne compréhension, le pré test est réalisé pour s'assurer que le sujet a bien saisi le fonctionnement de la tablette. On lui présente quelques pages avec l'objectif de répondre à la consigne. A l'issue, il doit savoir faire apparaître la consigne, parvenir à l'information recherchée, revenir en arrière, et valider la réponse.

Seconde phase : une fois le pré test réalisé, le sujet débute l'expérience en indiquant son nom, son âge. Il doit rechercher au sein de la condition présentée les informations pour répondre aux questions les unes à la suite des autres. La page d'accueil apparaît et le sujet exerce un premier appui du doigt sur l'item « consigne ». A la lecture de la consigne, le sujet recherche la réponse à la question en sélectionnant les différents items proposés. D'item en item, il parvient au descriptif de la photo du logement et recherche les critères correspondant à la consigne. S'ils ne correspondent pas à la question posée, le sujet revient en arrière jusqu'à ce qu'il trouve les informations correspondant à la question posée. Chaque groupe est réparti dans les deux modalités et doit répondre à la même consigne.

Troisième phase : une fois le test terminé, les sujets doivent compléter trois questionnaires : Le questionnaire Nasa Tlx (version numérisée) apparaît à l'écran une fois le test terminé. Le sujet évalue lui-même la charge mentale fournie durant la tâche en le complétant de manière précise. Les questionnaires MMSE (version crayon papier) et MILL HILL (version crayon papier) sont présentés uniquement aux sujets âgés.

La durée de l'expérimentation varie entre 30 et 45 mn par sujet. Les variables dépendantes sont les suivantes :

- La mesure du temps pour trouver chaque réponse aux questions posées
- Le nombre de pages visitées
- Le nombre de fois où la consigne est consultée
- Le score au questionnaire Nasa Tlx.

Les variables indépendantes sont :

- Le type de modalité (Normale vs Plan)
- L'âge (étudiants vs seniors), variable inter sujet
- La complexité de la recherche, variable intra-groupe.

Le plan expérimental correspond à un plan modèle linéaire général à mesures répétées de type : 2 (âge étudiant vs seniors) X 2 (modalité de recherche).

Nous attendons des résultats de notre expérience que la condition Plan engendre des effets significatifs :

- Effet de la modalité : les performances des sujets ayant testé la modalité Plan devraient être significativement plus élevées que les performances des sujets ayant testé la modalité Normale.
- Effet de la complexité des questions sur la modalité : le niveau de complexité des questions dans la modalité Normale devrait avoir plus d'influence que le niveau de complexité des questions dans la modalité Plan.

3. Résultats

3.1 Mesures On - Line

Le parcours de recherche des sujets est enregistré dans un fichier texte. Les données sont ensuite extraites et analysées. L'objectif de cette analyse est d'étudier les effets des variables dépendantes sur la recherche d'information. Nous examinons tout d'abord les effets simples des variables dépendantes (tableau 9): le temps de recherche passé en moyenne sur chaque question ; le nombre de consultation de la consigne réalisée ; le nombre de pages visitées où apparaît le descriptif et la photo du logement. Ensuite, nous présentons les interactions (graphiques). Puis, nous examinons les scores de la charge mentale des sujets. Les moyennes

et les écarts type sont présentés dans le tableau 7 avec les seuils de signification ($p < .01$; $p < .05$).

sujets	modalité	complexité	Temps	Effets	consigne	Effets	Pages consultées	Effets
Etudiants N=30	normale	C1	56,40 (29,25)	A** C**	11,66 (6,33)	A** M** C*	22,06 (9,46)	M** C**
		C2	47,45 (22,71)		11,86(5,62)		13,40 (5,13)	
		C3	46,30 (14,62)		17,20(8,96)		13,06(4,04)	
	plan	C1	55,42(24,37)		9,26 (3,91)		12,26 (5,71)	
		C2	45,15(16,63)		9,53(2,50)		12,93(4,04)	
		C3	44,33(18,19)		11,40(3,81)		13,53(4,70)	
		C1	85,97 (17,50)		25 (13,15)		29,50 (11)	
		C2	77,21(35,77)		29,40 (16,06)		15,70(6,01)	
		C3	64,96 (36,35)		33,30 (15,18)		13,10 (3,60)	
Séniors N=20	normale	C1	142,11(95,71)		9,10 (1,28)		13,80 (6,05)	
		C2	68,40(27,24)		8,90 (1,52)		11,60(3,80)	
		C3	66,87(26,43)		8,70 (0,82)		11(3,43)	
	plan	C1						
		C2						
		C3						

Note : *P < .05 ; **P < .01

Tableau 9 : moyennes et écarts- types (SD) avec tablette tactile

3.1.1 Le temps

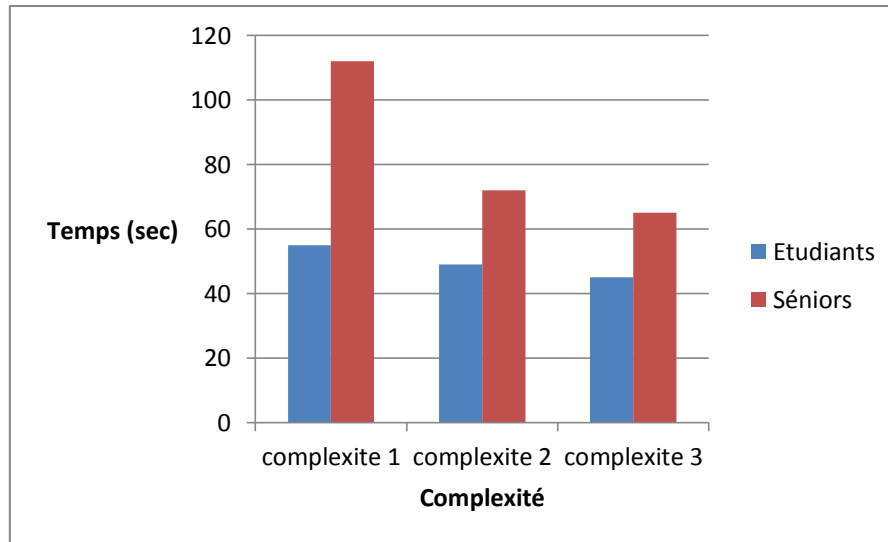
• Effet de l'Age

L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'Age ($F(1,46)=25.26$, $p < .01$) (tableau 9) suggérant que le Groupe étudiants a un temps de recherche plus réduit que le Groupe Séniors. Toutefois, l'ANOVA ne montre aucun effet significatif de la Modalité ($F(1,46)=1.10$, $p=.29$).

• Effet de la Complexité

La recherche d'information peut également devenir difficile lorsque la complexité des buts ou la quantité d'informations à examiner augmentent. Le sujet doit lire l'énoncé de la question et mémoriser les items de recherche pour parvenir à trouver la bonne réponse. L'ANOVA indique un effet significatif du niveau de complexité des questions ($F(2,92)=14.02$, $p < .01$) (tableau 9). Ce résultat suggère que le temps de recherche diminue de la première à la dernière question.

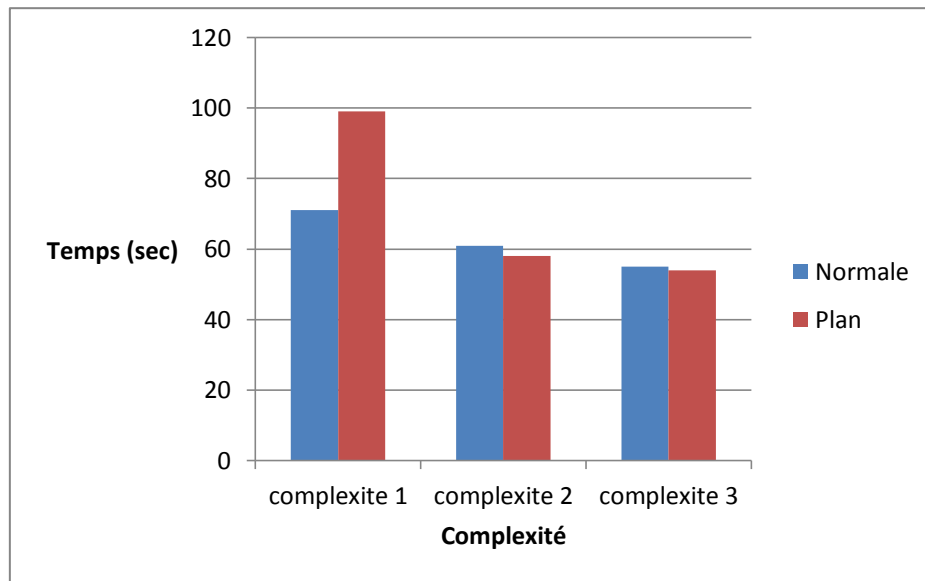
Le graphique 17 présente les temps de recherche moyen selon l'Age et le niveau de complexité. Dans cette analyse, nous cherchons à vérifier une éventuelle interaction entre les facteurs (Age et Complexité).



Graphique 17: temps de recherche moyen pour chaque Groupe dans chaque niveau de complexité

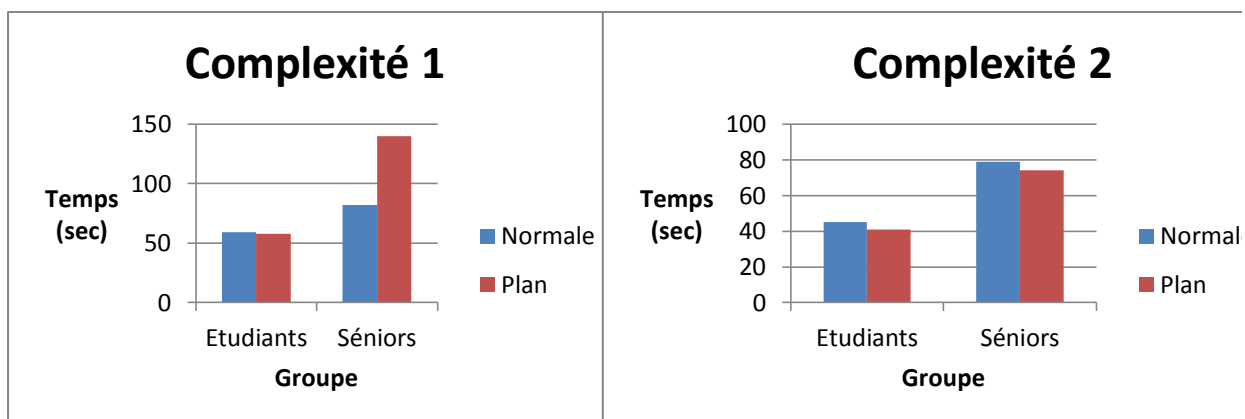
L'ANOVA des deux facteurs (Age et Complexité) montre un effet significatif ($F(2,92) = 5.62$, $p < .05$) suggérant que le temps de recherche diminue dans les trois niveaux de complexité pour les deux groupes de sujets. L'analyse montre également que cette diminution du temps est plus forte pour les seniors que pour les étudiants.

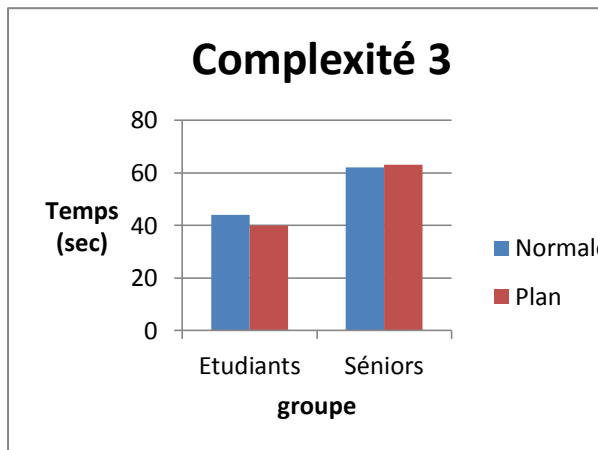
Le graphique 18 présente le temps moyen de recherche selon le type de modalité et le niveau de complexité.



Graphique 18 : temps de recherche moyen de chaque modalité dans chaque niveau de complexité

L'analyse révèle un effet significatif de l'interaction des deux facteurs Complexité et Modalité ($F(2,92)=4,35$, $p<0,01$) indiquant que le temps de recherche diminue dans chaque modalité. Cette diminution étant plus forte dans la condition Plan. Toutefois, l'interaction entre les facteurs (Age et Modalité) n'indique pas d'effet significatif ($F(1,46)=1,69$, $p=.19$). Le graphique 19 présente le temps moyen de recherche selon les 3 facteurs Complexité, Age, et Modalité.





Graphique 19: temps moyen de recherche selon la Complexité, Age et Modalité

L'analyse des facteurs conjoints (Complexité, Age et Modalité) montre un effet significatif de l'interaction ($F(2,92)=4.01$, $p<05$) suggérant que le temps de recherche est plus long pour le groupe séniors dans les trois niveaux de complexité.

3.1.2 Consultation de la consigne

La consultation de la consigne donne une indication pertinente du traitement de l'information par le sujet. Il s'agit de savoir en quelque sorte à partir de quel niveau de complexité le sujet éprouve des difficultés à localiser l'information, la comprendre et la mémoriser. La mesure du nombre de consultations de la consigne est un indicateur permettant de mieux analyser la manière dont le sujet traite l'information. Nous postulons qu'un nombre de consultation croissant de la consigne pourrait traduire chez le sujet, une difficulté à maintenir en mémoire les informations.

- **Effet de l'Age**

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'Age ($F(1,46)=16.68$, $p<.01$) (tableau 9) suggérant que le groupe étudiants consulte moins la consigne que le groupe séniors.

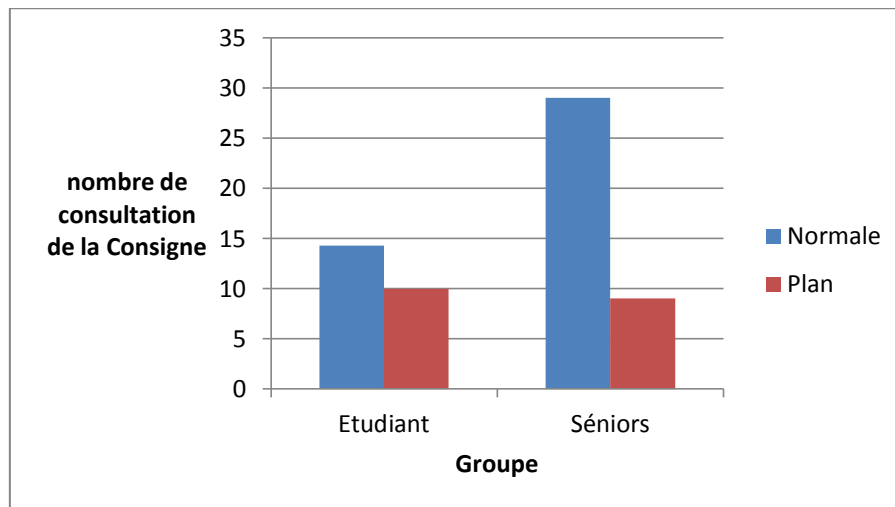
- **Effet de la Modalité**

L'ANOVA indique un effet significatif de la Modalité, ($F(1,46)=45.18$, $p<.01$) (tableau 9) montrant que la consigne est doublement plus consulté dans la modalité Normale que dans la modalité Plan.

- **Effet de la Complexité**

L'ANOVA suggère un effet significatif de la variable Complexité ($F(2,92)=5.14$, $p<.05$) (tableau 9). Ce résultat suggère une augmentation croissante du nombre de consultations de la consigne traduisant une difficulté chez les sujets à localiser l'information. L'Analyse des facteurs conjoints des facteurs (Age et Complexité) ne met pas en évidence un effet significatif de l'interaction ($F(2,92)=.35$, $p=.70$), ainsi que des facteurs (Modalité et Complexité) ($F=2,92=3.01$, $p=0.54$).

Le graphique 20 présente le nombre moyen de consultations de la consigne selon l'Age et la Modalité.



Graphique 20 : nombre de consultation de la consigne selon l'Age et la Modalité

L'ANOVA indique un effet significatif de l'interaction des facteurs (Age et Modalité) suggérant que la consigne est moins consultée dans la modalité Plan. Ce résultat montre également que les séniors consultent moins la consigne dans la modalité Plan que les étudiants. L'Analyse conjointe des facteurs (Complexité, Age, et Modalité) ne montre pas d'effet significatif de l'interaction ($F(2,92)=.67$, $p=.51$).

3.1.3 Pages consultées

Le nombre de pages consultées correspond aux nombre de pages ouvertes (descriptif + photo du logement) où le sujet doit chercher l'information pertinente pour répondre à la consigne. Il représente un indicateur comportemental relatif à l'objectif visé.

L'Analyse de la variance ne révèle pas d'effet significatif de l'âge ($F(1,46)=.96$, $p=.32$).

- **Effet de la Modalité**

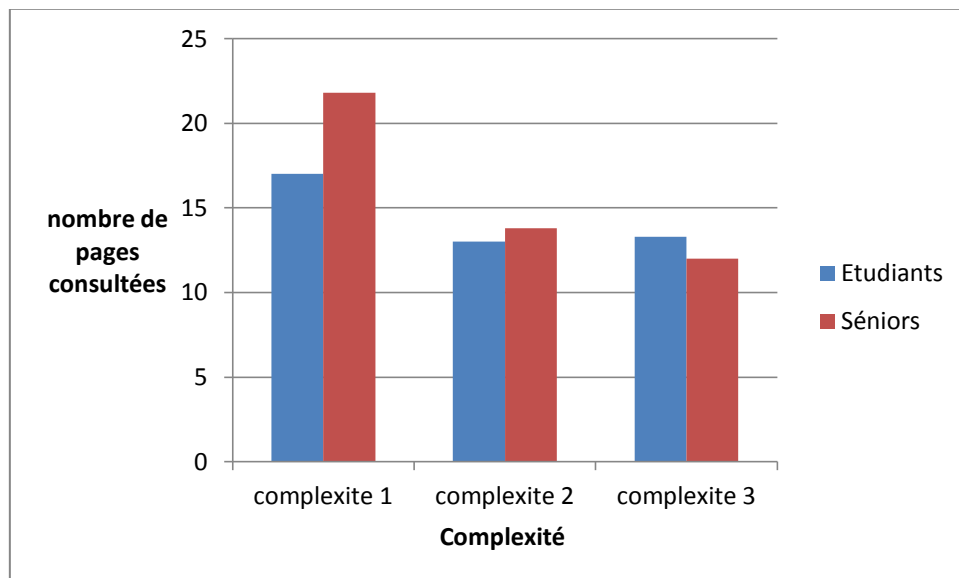
L'ANOVA indique un effet significatif de la Modalité ($F(1,46)=17.64$, $p<.01$) (tableau 9), montrant ainsi que le nombre de pages ouvertes est plus important dans la modalité Plan que dans la modalité Normale.

- **Effet de la Complexité**

L'analyse de la variance révèle un effet significatif du niveau de complexité ($F(2,92)=25.90$, $p<.01$) (tableau 9), suggérant que le nombre de pages visitées diminue de la première question à la dernière question.

L'ANOVA n'indique pas d'effet d'interaction des deux facteurs (Age et Modalité) ($F(1,46)=2.57$, $p=.11$).

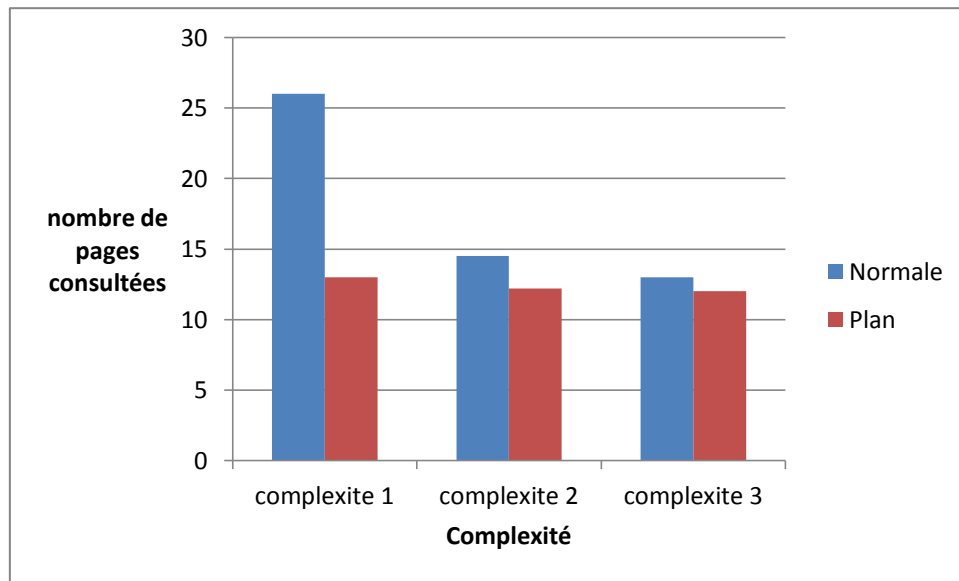
Le graphique 21 présente le nombre moyen de pages consultées selon l'Age et la Complexité.



Graphique 21: nombre moyen de pages consultées selon l'Age et la Complexité

L'analyse présente un effet significatif de l'interaction (Age et Complexité) ($F(2,92)=4.10$, $p<.05$), suggérant une diminution du nombre de pages visitées du premier niveau au dernier niveau de complexité.

Le graphique 22 présente le nombre moyen de pages consultées selon la Modalité et la Complexité.



Graphique 22 : nombre moyen de pages consultées selon la modalité et la complexité

L'analyse de la variance montre un effet significatif de l'interaction des facteurs (Modalité et Complexité) ($F(2,92)=20.10$, $p<0.1$). Ce résultat indique une diminution du nombre de consultation des pages du premier au dernier niveau de complexité.

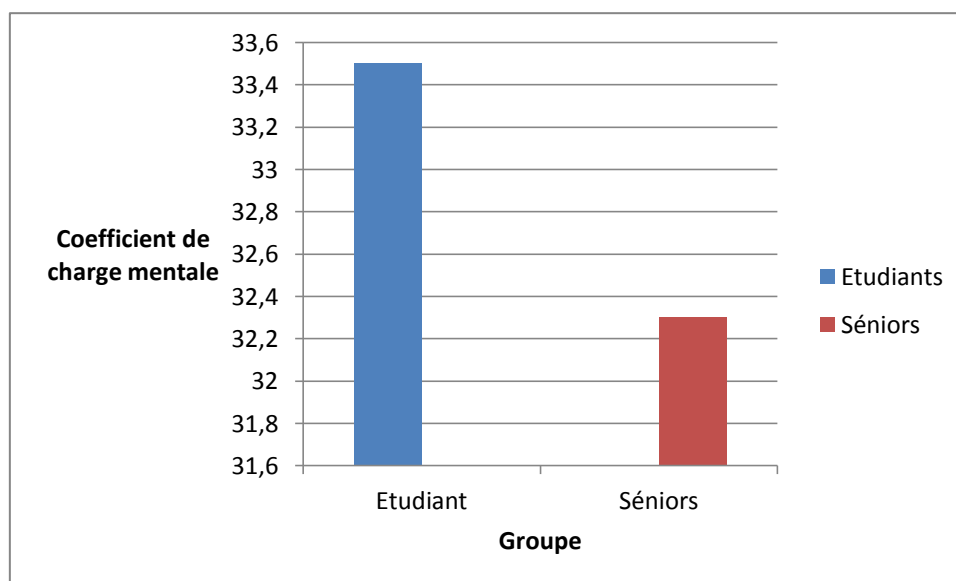
L'analyse de la variance des facteurs (Complexité, Age et Modalité) ne montre pas d'effet d'interaction ($F(2,92)=.34$, $p=.70$).

3.2 Mesure Off Line

3.2.1 Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjective

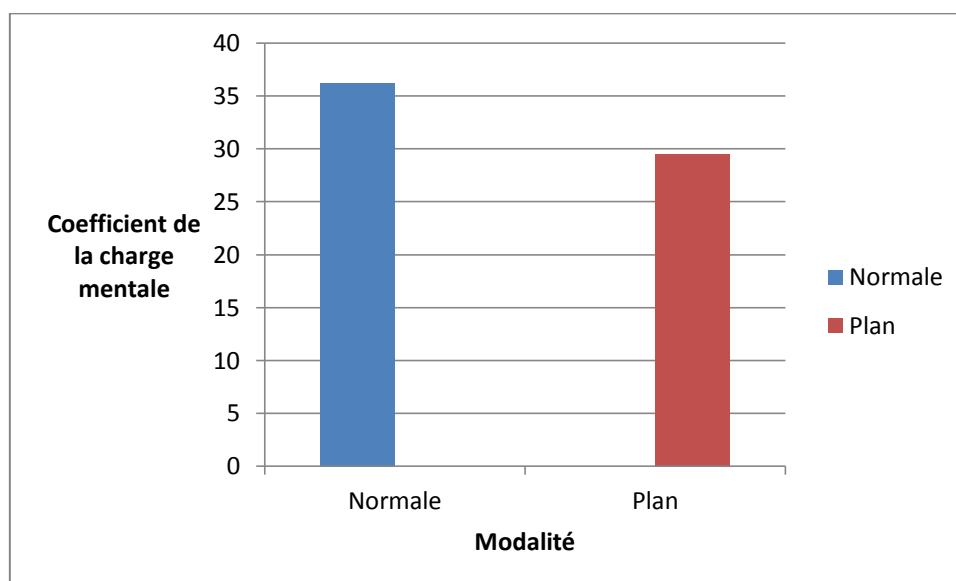
Après avoir terminé le test, les sujets doivent évaluer la charge de travail en répondant au questionnaire NASA TLX. Les résultats obtenus permettent de déterminer un score (coefficient de la charge mentale).

Le graphique 23 présente le score de la charge mentale selon l'Age.



Graphique 23 : évaluation de la charge mentale selon l'Age

L'ANOVA ne met pas en évidence un effet significatif de l'Age ($F(1,46)=.14$, $p=.70$). Toutefois, le score global de la charge mentale est plus faible chez les séniors que pour les étudiants. Le graphique 24 présente le score de la charge mentale selon la Modalité.



Graphique 24: évaluation de la charge mentale selon la modalité

L'analyse de la variance montre un effet significatif de la modalité Plan $F(1,46)=6.93$, $p<0.1$. Ce résultat traduit une réduction de la charge mentale dans la modalité Plan. Ce qui implique

que dans la modalité Normale, les sujets doivent réaliser un effort plus important pour trouver l'information. L'analyse conjointe des facteurs (Age et Modalité) ne mettent pas en évidence un effet d'interaction ($F(1,46)=.02, p=.87$).

En résumé, l'examen de ces résultats révèle certaines constantes et certaines différences par rapport à l'expérience 1 et 2. Les seniors mettent plus de temps à trouver la réponse que les étudiants. Même si le niveau de complexité augmente, le temps de recherche diminue de la première à la dernière question dans chaque groupe. Globalement, c'est dans la modalité Plan que les sujets consultent le moins la consigne et les seniors moins que les étudiants. Par ailleurs, dans la modalité Plan, les sujets consulteraient plus de pages avec une diminution significative du nombre de pages pour le groupe seniors. Bien que le coefficient de charge selon l'âge ne soit pas significatif, la charge mentale est diminuée dans la condition Plan.

3.2.2 Test MMSE

Dans le tableau 10, vingt sujets âgés ayant bénéficié de 9 à 12 ans de scolarité ont obtenu un score supérieur ou égal à 26. Neuf sujets âgés bénéficiant de 9 à 12 ans de scolarité ont eu un score inférieur à 26. Nous avons uniquement analysés les résultats des sujets présentant un score dans les limites de la normalité (supérieur ou égal à 26 sur 30). Nous avons préféré exclure les sujets dont le score est inférieur ou égal à 26 sur 30, risquant de présenter une démence plus ou moins faible.

Séniors	9 à 12 ans Scolarité
Score ≥ 26	20
Score < 26	9

Tableau 10: test MMSE

3.2.3 Test Mill Hill

Au test de vocabulaire Mill-Hill (tableau 11) échelle de vocabulaire (version crayon papier) destiné à mesurer les aptitudes verbales qui comprenant une série de 34 mots, les sujets âgés bénéficiaient de 9 à 18 ans de scolarité et ont obtenu une moyenne de 28. Le score indique un bon niveau de scolarité du groupe seniors.

Séniors	9 à 18 ans Scolarité
Score moyen /34	28

Tableau 11: test MILL HILL

4. Discussion

Dans cette étude, les objectifs poursuivis étaient de confirmer les effets d'un dispositif mobile tactile pouvant offrir d'une part, une meilleure interaction entre des utilisateurs et un système, et d'autre part, de meilleures performances dans une tâche de recherche d'information.

Le premier objectif consistait à déterminer l'effet de modalité sur la recherche d'information et plus spécifiquement sur le temps de recherche, le nombre de pages visitées et consultations de la consigne. Le second objectif devait permettre de confirmer que la complexité des questions aurait une influence sur la recherche d'information, induisant une augmentation significative sur le temps de recherche, la consultation de la consigne et des pages ouvertes.

Puis le troisième objectif, de confirmer un effet de l'âge dans la condition Plan, c'est-à-dire l'hypothèse selon laquelle les séniors pourraient davantage bénéficier de ce dispositif tactile que les plus jeunes. Plusieurs résultats intéressant émergent de cette expérimentation. Les résultats obtenus révèlent que le facteur modalité n'a pas d'effet sur le temps de recherche ($F(1,46)= 1.10$, $p=.29$), mais sur le nombre de consultation de la consigne ($F(1,46)=45.18$, $p<0.1$) et le nombre de pages consultées ($F(1,46)=45.18$, $p<0.1$).

Concernant le premier objectif, les résultats n'indiquent pas d'effet significatif de la modalité ($F(1,46)= 1.10$, $p=.29$) pour la variable temps. Toutefois, l'effet de modalité joue en faveur du nombre de consultation de la consigne ($F(1,46)=45.18$, $p<0.1$) et du nombre de pages visitées ($F(1,46)=17.64$, $p<0.1$). Ces données suggèrent que le temps moyen de recherche d'information pour l'ensemble des sujets n'augmente pas ou ne diminue pas selon la modalité. Les sujets seraient donc moins pénalisés au niveau de la variable temps dans la condition Normale ou la condition Plan. En revanche, les séniors consulteraient plus la consigne avec un nombre de visite plus fréquent sur les pages que les étudiants. La réduction de la capacité de mémoire de travail chez les adultes âgés relativement aux adultes jeunes a largement été démontrée dans la littérature et en particulier dans les situations où les participants doivent simultanément traiter et stocker l'information. Les données empiriques tendent à montrer que l'âge affecte tant la capacité de traitement que la capacité de stockage en mémoire de travail. Ces résultats suggèrent que le rôle de la mémoire de travail dans

l'explication des différences d'âge dans la performance est plus important lorsque la tâche est plus exigeante en termes de ressources. Ce qui suggère qu'il faut prendre des précautions pour interpréter des effets d'âge plus importants dans les tâches complexes car certaines de ces différences peuvent être dues uniquement à des différences d'âge dans la rapidité avec laquelle des opérations élémentaires sont effectuées (Verhaeghen & Cerella, 2002).

Concernant le second objectif, les résultats de notre expérimentation montrent que la complexité de la tâche a un effet d'apprentissage sur le temps de recherche pour parvenir à la réponse ($F(2,92)=14.02$, $p<0.1$). Plus la complexité de la tâche augmente et plus le temps pour trouver la bonne réponse diminue. Certes, ce résultat peut surprendre car il va à l'encontre d'un des aspects du modèle de Rouet et Tricot (1998) à savoir la phase d'évaluation. Selon les auteurs, le sujet pour parvenir à l'état final, doit à la fois maintenir de manière active une structure de but cohérente avec l'état initial et ensuite la faire évoluer en fonction des informations trouvées durant sa recherche d'information. Or la difficulté principale réside dans la capacité limitée de la mémoire de travail. Le sujet doit activer et désactiver la structure du but en fonction des informations prélevées entraînant ainsi une surcharge cognitive. Dans ce cycle, le temps de recherche pour trouver la bonne réponse devrait être plus long du fait de la complexité des questions. Toutefois, nous pouvons quand même interpréter ce résultat par les difficultés qu'ont les sujets à construire une structure cohérente du but lors de la lecture de la consigne. Le sujet chercherait au cours de sa recherche à traiter l'information sans forcément vouloir chercher à mémoriser les items de recherche. Effectivement, le sujet traite les informations qui lui paraissent les plus pertinentes et inhibe celles qui le sont moins. Or, cette stratégie caractérisée par l'inhibition de certaines informations comporte un coût et pourrait expliquer davantage la diminution du temps de recherche. Le sujet n'aurait plus à encombrer sa mémoire d'information inutiles et sélectionnerait celles qui se rapprochent le plus de son but. Ce résultat se confirme par l'interaction significative des facteurs complexité et modalité où le temps de recherche des sujets diminue pour chaque modalité ($F(2,92)=4.35$, $p=0.1$) avec une diminution plus importante dans la condition Plan. Cette condition permettrait au sujet de mieux structurer la cohérence du but et de mieux planifier ses actions de recherche d'information.

Concernant le troisième objectif, les résultats obtenus ont indiqués un effet de l'âge sur la recherche d'informations, à la fois sur le temps de recherche ($F(1,46)=25.26$, $p<.01$) et sur le nombre de consultation de la consigne ($F(1,46)=16.68$, $p<0.1$). Ces résultats vont dans le sens

de la littérature sur le vieillissement cognitif. Ils révèlent surtout que le vieillissement des fonctions exécutives s'accompagnent d'une réduction de la vitesse du traitement des informations à savoir la vitesse avec laquelle les opérations mentales sont déclenchées et réalisées. On peut ainsi observer que le vieillissement cognitif rend difficile la recherche d'information entraînant une augmentation du temps de recherche. Si l'on cherche à mettre en lien le facteur âge et les performances lors de la recherche d'informations, on constate que les seniors mettent plus de temps que les étudiants à trouver l'information, et consultent plus la consigne dans la modalité Normale.

On peut donc penser que c'est dans la condition Plan et parce qu'ils adoptent un mode de traitement profond, focalisé, ciblé au traitement du contenu, que les seniors localisent plus facilement l'information pertinente. On peut également penser que dans cette condition, les seniors éprouvent moins de difficulté à identifier les informations pertinentes et à les discriminer des informations inutiles.

Le dispositif de prévisualisation testé sur tablette tactile entraîne des effets significatifs auprès de notre population expérimentale. L'expérience 4 qui suit, teste la même interface avec une souris spécifique qui dispose d'une commande progressive (enfoncement du corps de la souris sur les ressorts) permet de visualiser le plan du site progressivement en transparence. Nous postulons qu'un geste spécifique d'enfoncement de la main qui fait apparaître (visuellement) le plan du document pourrait permettre d'apparier « effets visuels et sentiment cognitif d'immersion » dans le document formant ainsi une sorte de gesture spécifique (Souchier & Jeanneret, 2005).

I. Expérience 4 : Etude des facteurs influençant la recherche d'information avec un dispositif de pointage manuel (souris 3D)

1. Objectif

Dans cette étude, nous postulons qu'un dispositif de pointage manuel (souris 3D) avec des fonctions de navigation légèrement modifiées pourrait avoir un impact sur la recherche d'information. Non seulement, il favoriserait la consultation d'information en s'affranchissant de certaines exigences mentales mais il diminuerait la charge inutile en mémoire pour allouer de meilleures ressources cognitives à la charge utile. Pour confirmer cette hypothèse, nous étudions les facteurs suivants : le type de document (modalité Normale vs modalité Plan), l'âge des sujets, le temps de consultation du document, le nombre d'ouverture de pages, le nombre de consultations de la consigne et la charge cognitive des sujets.

2. Méthodologie

2.1 Sujets

Quarante sujets ont participé à l'expérience. Ils sont répartis dans deux groupes d'âge différents. Vingt étudiants BTS (moyenne d'âge= 20 ans) recrutés en lycée et vingt seniors (moyenne d'âge 65 ans) titulaires au minimum du BEPC ont participé à l'expérimentation. Tous les sujets utilisent de manière régulière internet et sont familiers avec les navigateurs web. Les données de huit sujets ont été retirées car ils ne se sont pas conformés aux exigences de la tâche expérimentale (par exemple, nous avons exclu les données d'un sujet qui s'est assoupi au cours de l'expérience, un autre pressé de prendre un train...).

2.2 Matériel

Le matériel est identique à l'expérience 3 à la différence qu'il est présenté sur un support distinct à savoir un ordinateur portable (écran de taille 15 ") avec Windows Seven (SE). Le site expérimental comprend les deux modalités (Normale/ Plan) développé avec le programme « Macromedia Projector ».

Dans la modalité Normale, le sujet sélectionne le type de logement à partir des informations présentes à l'écran. Il voit ainsi apparaître les organisateurs de navigations au fur et à mesure qu'il se déplace dans le document. Par exemple, la consigne consiste à rechercher un studio de

18 m2, en ville, meublé, sans garage. Le sujet clique < studio < ville < meublé < sans garage < et voit apparaître une offre de studio avec les caractéristiques cibles. Durant sa navigation, il peut effectuer autant de retours en arrière à chaque niveau dès lors qu'il estime que les éléments de réponses ne sont pas satisfaisants.

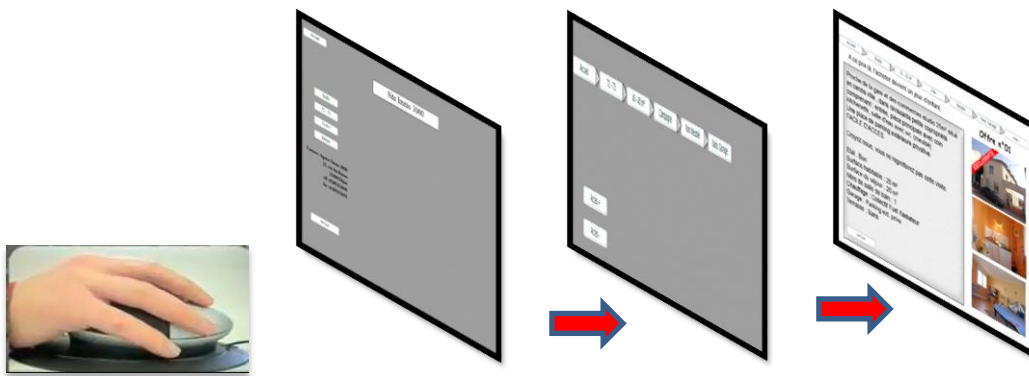


Figure 38 : modalité Normale

Dans la modalité Plan, l'utilisateur accède à l'information recherchée par un appui de la main sur le corps de la souris. En positionnant le curseur sur le lien de l'arborescence, il fait apparaître un escamot comprenant la description et la photographie du logement. Dès qu'il relâche la main, la photographie du logement s'affiche pleinement accompagné de ses caractéristiques. Il peut donc ainsi positionner le curseur de la souris sur l'ensemble du plan de site et par un déplacement latéral sélectionner un lien.

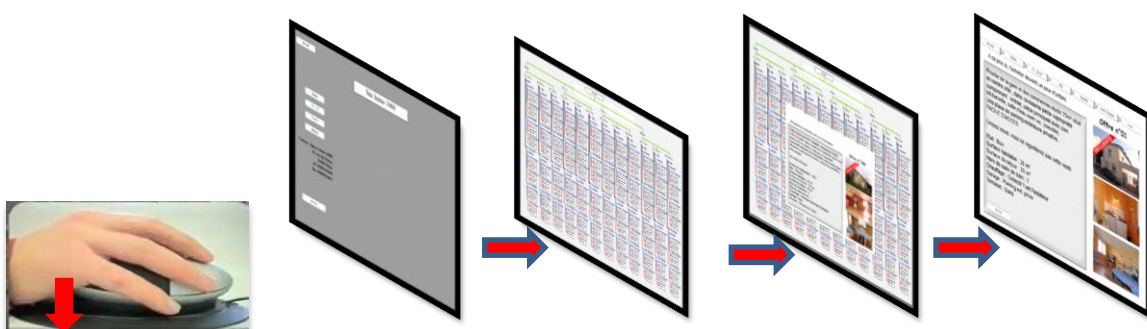


Figure 39 : modalité Plan

2.3 Le dispositif de pointage manuel (souris 3 D)

Le dispositif est intégré dans une souris informatique 3 D dont les modalités d'exécution ont été modifiées notamment dans la version Plan de l'expérience.

Pour accéder au plan du site, le sujet doit exercer un appui prolongé de la main sur le corps de la souris. L'arborescence du site apparaît à l'écran et le sujet peut pré visualiser les informations en déplaçant le curseur de la souris sur les liens. Dès qu'il se positionne sur un lien, un escamot (texte + photo du logement) apparaît. Si le sujet souhaite obtenir une vue en texte plein, il relâche sa main sur le corps de la souris. Autrement dit, le sujet ne peut aucunement accéder au clic souris. Le déplacement et la consultation des informations dans la modalité Plan est ainsi conditionnée à un enfoncement vertical de la main sur le corps de la souris informatique 3D (Lexip).



Figure 40 : ordinateur portable et souris 3 D

2.4 Procédure

L'expérience se déroule en trois phases successives et dure environ une heure. La passation est individuelle et le sujet est installé devant un écran d'ordinateur portable. Chaque sujet est informé des trois phases de l'expérience :

La première phase (présentation des consignes) comporte une tâche de familiarisation avec quelques exemples de pages présentées au sujet. Le sujet s'installe devant l'écran et l'expérimentateur donne les consignes d'usage sur la tâche à réaliser. L'expérimentateur présente également les modifications apportées aux fonctionnalités de la souris ergonomique. Pour bien s'assurer de sa compréhension, le sujet exécute quelques essais libres jusqu'au moment où il estime la prise en main satisfaisante.

La deuxième phase (test), le sujet démarre le test. Il recherche le plus rapidement possible un logement à partir des consignes prescrites. La moitié des sujets est confrontée à la modalité normale et l'autre moitié à la modalité Plan.

Durant la troisième phase (réponse aux questionnaires), les sujets répondent aux 3 questionnaires distincts : Nasa Tlx, MMSE, MILL HILL.

Le plan expérimental correspond à un plan modèle linéaire général à mesures répétées de type : 2 (âge étudiant vs seniors) X2 (modalité de recherche).

Les variables dépendantes sont les suivantes :

- La mesure du temps pour trouver chaque réponse
- Le nombre de pages visitées
- Le nombre de consultation de la consigne
- Le score au questionnaire Nasa Tlx.

Les variables indépendantes sont :

- Le type de modalité (Normale/Plan)
- L'âge (étudiants vs seniors), variable inter sujet
- La complexité de la recherche, variable intra-groupe.

3. Résultats

Le parcours de recherche de chaque sujet est enregistré dans un fichier texte. Les données sont ensuite extraites et analysées. Dans cette expérience, l'objectif poursuivi est d'étudier les effets des variables dépendantes sur la recherche d'information. Nous examinons tout d'abord les effets simples des variables dépendantes (tableau 10) : le temps de recherche passé en moyenne sur chaque question ; le nombre de consultation de la consigne réalisée ; le nombre de pages visitées. Ensuite, nous présentons les interactions (graphiques). Puis, nous examinons les scores de la charge mentale des sujets. Les moyennes et les écarts type sont présentés dans le tableau 7 avec les seuils de signification ($p < .01$; $p < .05$).

3.1 Mesures On Line

3.1.1 Le temps

L'analyse a porté sur les temps de recherche pour trouver la réponse à la consigne. Elle consiste en une ANOVA impliquant les facteurs du Groupe Age (étudiants vs seniors). Nous exposons les moyennes et les écarts types dans le tableau 12.

sujets	modalité	complexité	Temps	Effets	consigne	effets	Pages consultées	Effets
étudiants	normale	C1	38,70 (16,20)	A** M*	49,40 (15,74)	A* M*	14,40(9,33)	C**
		C2	36,10 (14,51)		63,10(16,10)		10,30(3,86)	
		C3	33,70 (18,86)		54,70(8,17)		10,20 (3,45)	
	plan	C1	56,40(17,19)		35,20(10,84)		17,10(7,53)	
		C2	41,50(12,34)		20 (7,76)		18,10(8,96)	
		C3	48,80(19,03)		28,80(8,48)		13,60 (3,83)	
séniors	normale	C1	61,40(11,53)		33 (7,51)		28,60(6,68)	
		C2	71,70(19,73)		50,30 (15,40)		13,40(7,54)	
		C3	102,60 (38,12)		46,90 (19,25)		21,10(13,70)	
	plan	C1	49,40(7,94)		26,80 (8,80)		13 (3,52)	
		C2	47,60(15,05)		30,40 (13,30)		12,90 (5,06)	
		C3	39,50(9,07)		30,40 (13,79)		11,20(2,78)	

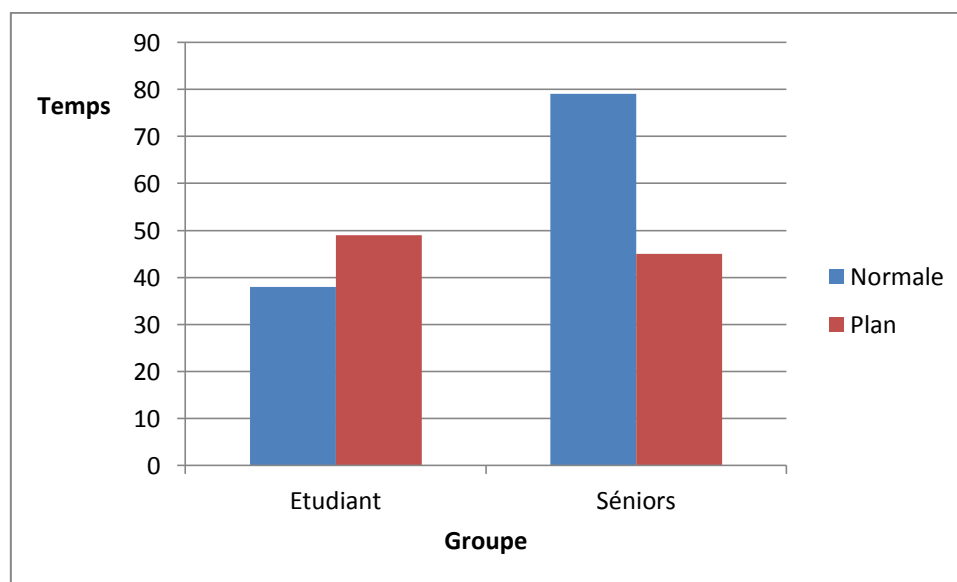
Note : *P < .05 ; **P < .01

A : âge ; M : modalité ; C : complexité

Tableau 12 : moyennes et écart- types (SD) avec souris 3D

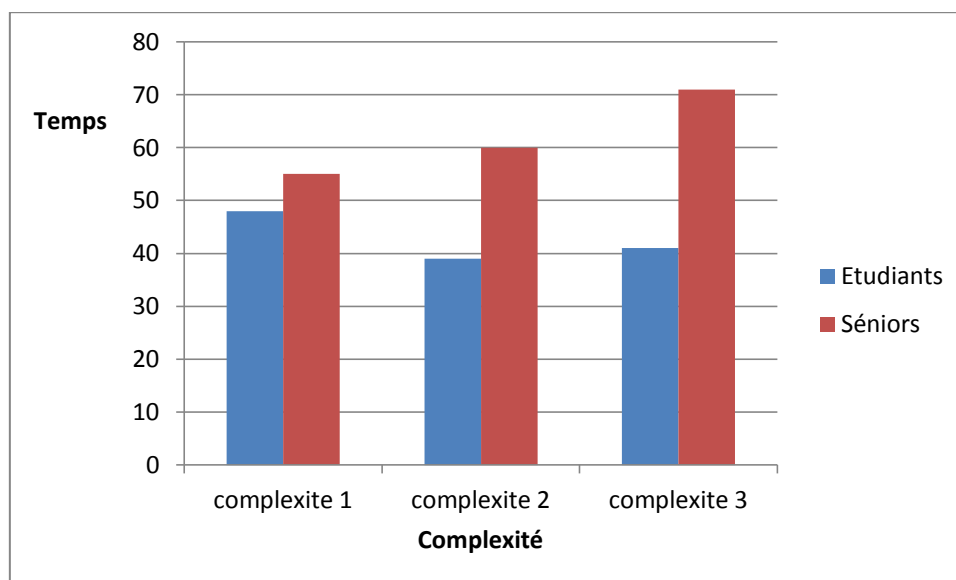
L'ANOVA indique un effet significatif de l'Age ($F(1,36)=19.77$, $p<.01$) (tableau 12), suggérant que le temps de recherche est plus réduit dans le groupe étudiants. Alors que le Groupe séniors met plus de temps pour répondre à la consigne.

L'analyse de la variance montre un effet significatif de la Modalité ($F(1,36)=5.37$, $p<.05$), (tableau12), suggérant que les sujets mettent moins de temps à trouver l'information dans la modalité Plan alors que le temps de recherche est plus long dans la modalité Normale. L'ANOVA n'indique pas d'effet significatif de la Complexité ($F(2,72)=2.37$, $p=.10$). Le graphique 25 présente le temps moyen de recherche selon l'Age et la Modalité.



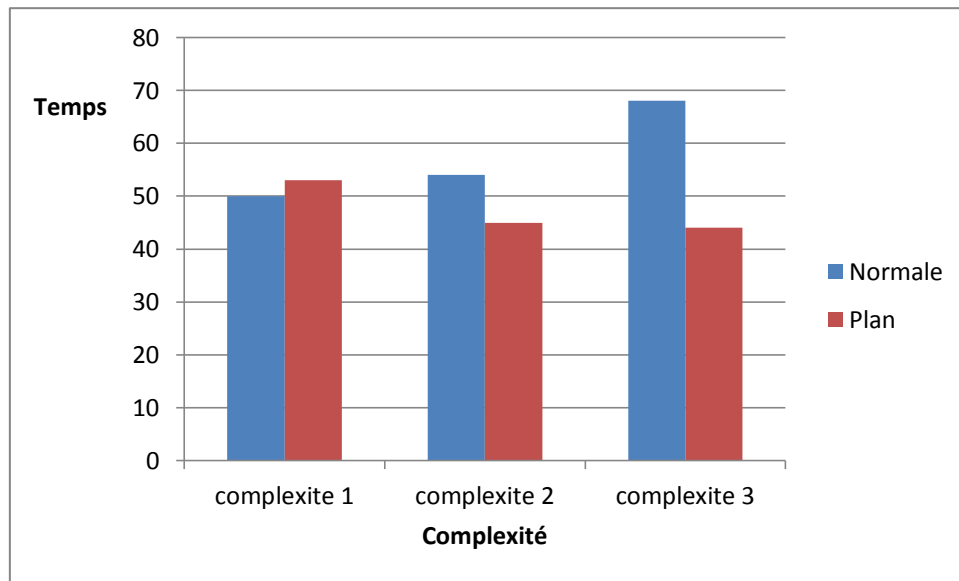
Graphique 25 : temps moyen de recherche selon l'âge et la modalité

L'ANOVA montre un effet significatif de l'interaction des facteurs conjoints (Age et Modalité) ($F(1,36)=27.27$, $p<.01$). Ce résultat indique que le temps de recherche du Groupe seniors est plus réduit dans la modalité Plan tandis qu'il est plus important pour le Groupe étudiant. Le graphique 26 présente le temps moyen de recherche selon l'Age et la Complexité.



Graphique 26 : temps moyen de recherche selon l'Age et la Complexité

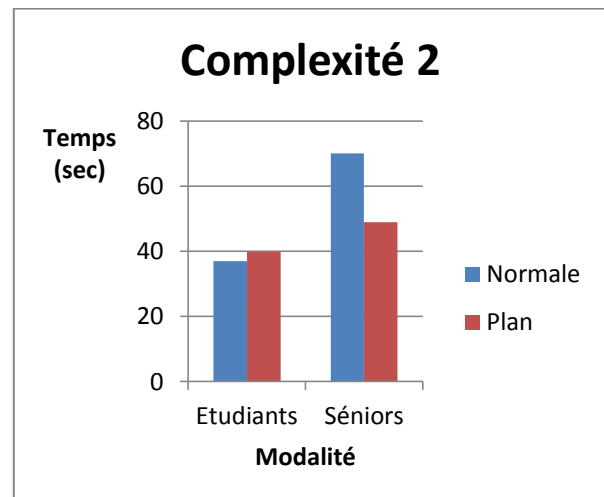
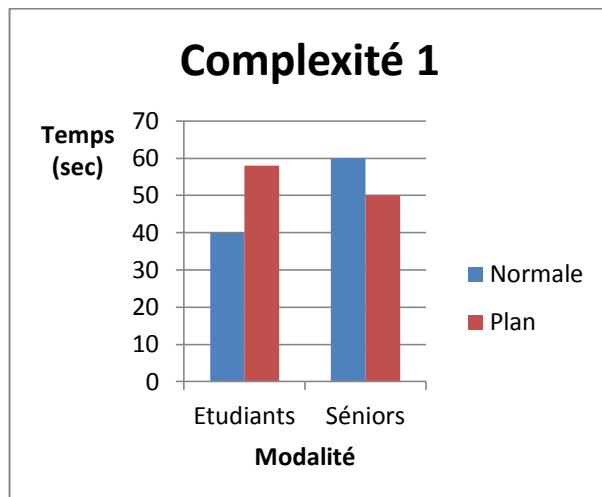
L'ANOVA révèle un effet significatif de l'interaction des facteurs (Age et Complexité) ($F(2,72)=5.80$, $p<.01$) suggérant que le temps de recherche pour le Groupe seniors augmente dès le premier niveau de complexité jusqu'au dernier. Le graphique 27 présente le temps moyen de recherche selon la Modalité et la Complexité.

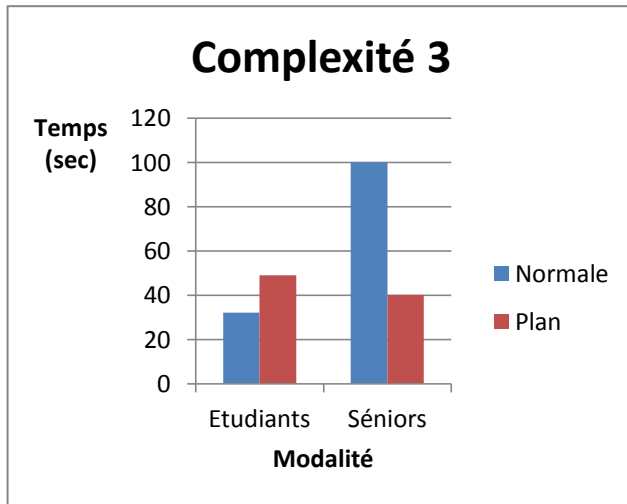


Graphique 27 : temps moyen de recherche selon la Modalité et la Complexité

L'ANOVA montre un effet significatif de l'interaction des deux facteurs complexité et modalité ($F(2,72)=8.60$, $p<.01$, suggérant que le temps de recherche est moins long dans la modalité plan à partir du deuxième niveau de complexité.

Le graphique 28 présente l'analyse des temps moyen de recherche selon les facteurs Complexité, Age et Modalité pour chaque niveau de complexité.





Graphique 28 : temps moyen de recherche selon les facteurs Complexité, Age et Modalité pour chaque niveau de complexité

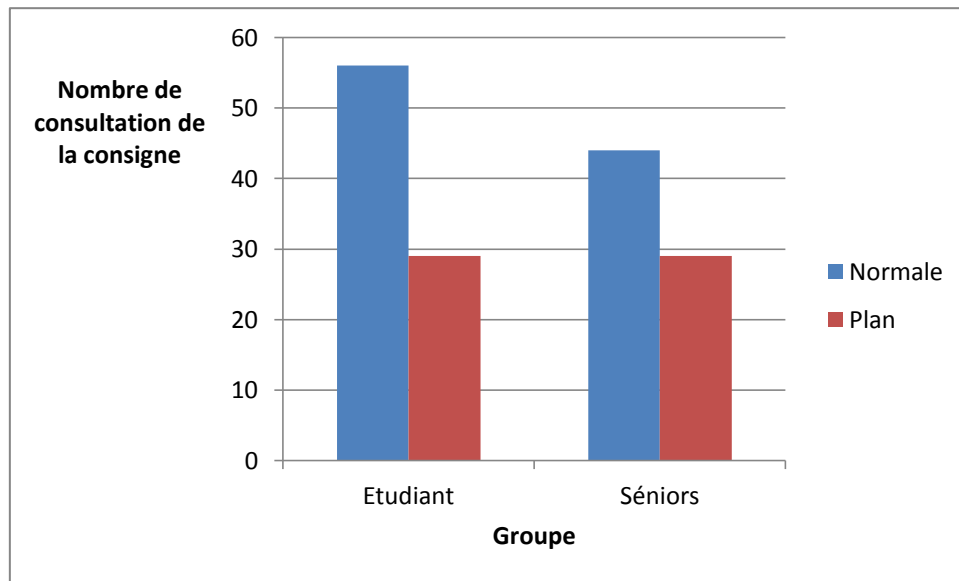
L'analyse de la variance met en évidence un effet significatif de l'interaction des facteurs (Complexité, Age et Modalité), ($F(2,72)=9.37$, $p<.01$). Ce résultat indique que les étudiants ont un temps de recherche moins long dans la modalité Normale de la première question à la dernière question. Tandis que les séniors ont un temps de recherche moins long dans la modalité Plan du premier niveau de complexité jusqu'au dernier (sauf complexité 2).

3.1.2 Consultation de la consigne

L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'Age, $F(1,36)=4.62$, $p<.05$ (tableau 10), suggérant que le groupe séniors consulte moins la consigne durant la tâche de recherche d'information.

L'ANOVA met en évidence un effet significatif de la Modalité ($F(1,36)=49.07$, $p<.01$) (tableau 10). Cette analyse indique que les sujets consultent moins la consigne dans la modalité Plan que dans la modalité Normale.

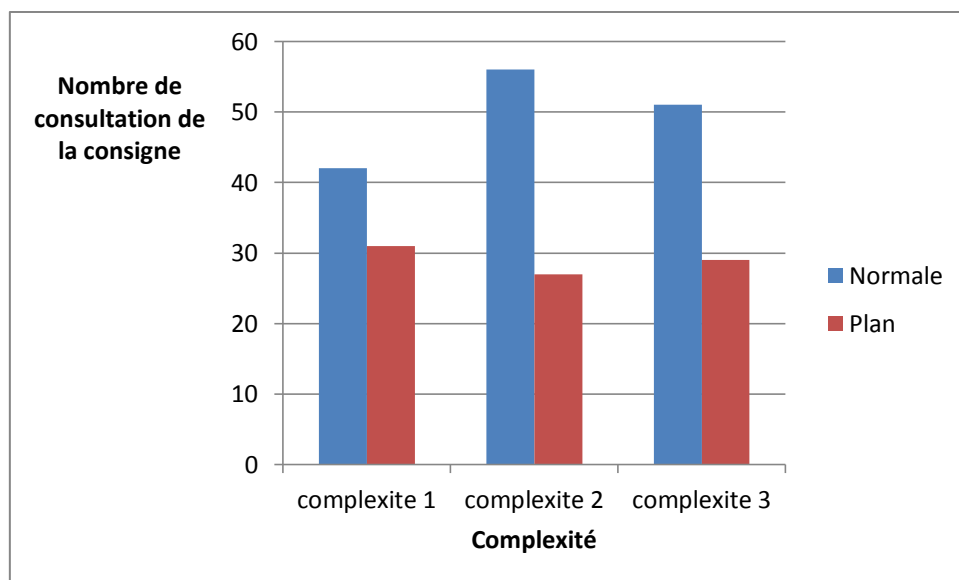
L'analyse de la variance ne met pas en évidence un effet significatif de la Complexité ($F(2,72)=3.11$, $p=.05$). Le graphique 29 présente le nombre moyen de consultation de la consigne selon l'Age et la Modalité.



Graphique 29 : nombre moyen de la consultation de la consigne selon l'Age et la Modalité

L'ANOVA indique un effet significatif de l'interaction des facteurs (Age et Modalité) $F(1,36)=4.43$, $p<.05$. Ce résultat montre que la consigne est moins consultée dans la modalité Plan par les deux Groupes (étudiants et séniors).

L'analyse de la variance des facteurs Complexité et Age ($F(2,72)=2.46$, $p=.09$) ne met pas en évidence une interaction. Le graphique 30 présente le nombre moyen de consultation de la consigne selon la Modalité et la Complexité.



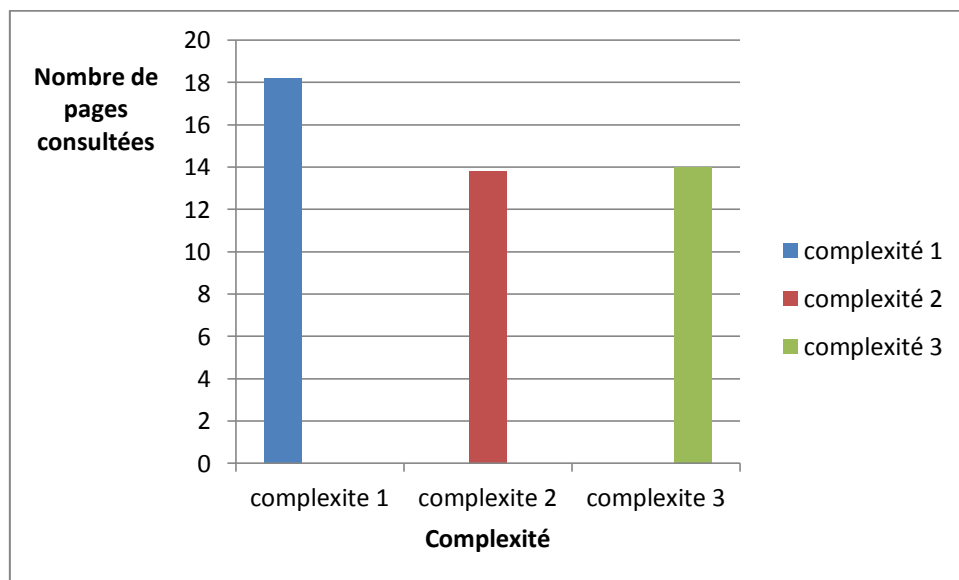
Graphique 30 : nombre moyen de consultation de la consigne selon la Modalité et la Complexité

L'ANOVA montre un effet significatif des facteurs Complexité et Modalité ($F(2,72)=8.09$, $p<.01$). L'analyse montre que le nombre de consultations de la consigne est plus réduit dans la modalité Plan et plus élevé dans la modalité Normale du premier niveau de complexité jusqu'au dernier. L'analyse de la variance des facteurs de l'interaction (complexité, âge et modalité) n'indique pas d'effet significatif ($F(2,72)=.80$, $p=.45$).

3.1.3 Pages consultées

L'ANOVA ne met pas en évidence un effet significatif de l'Age ($F(1,36)=3.08$, $p=.08$) ni de la Modalité ($F(1,36)=1.65$, $p=.20$).

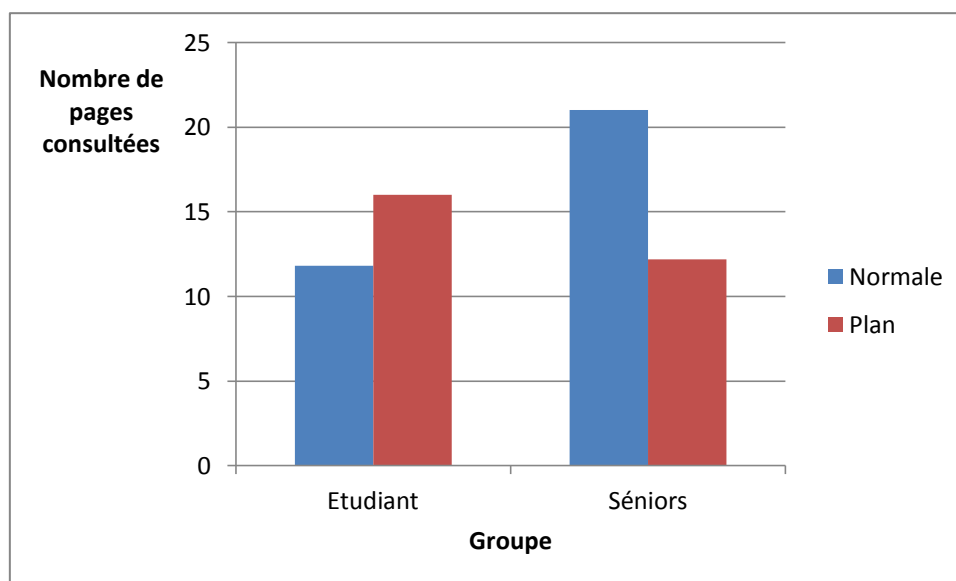
Le graphique 31 présente le nombre moyen des pages consultées selon la Complexité.



Graphique 31 : nombre moyen des pages consultées selon la Complexité

L'ANOVA montre un effet significatif de la Complexité ($F(2,72)=6.84$, $p<.01$) (tableau 12). Les sujets consultent plus de pages dans le premier niveau de complexité traduisant une difficulté à construire le but de recherche. La réduction des deux autres niveaux de complexité pourrait suggérer un effet d'apprentissage.

Le graphique 32 présente le nombre moyen des pages consultées selon l'Age et la Modalité.

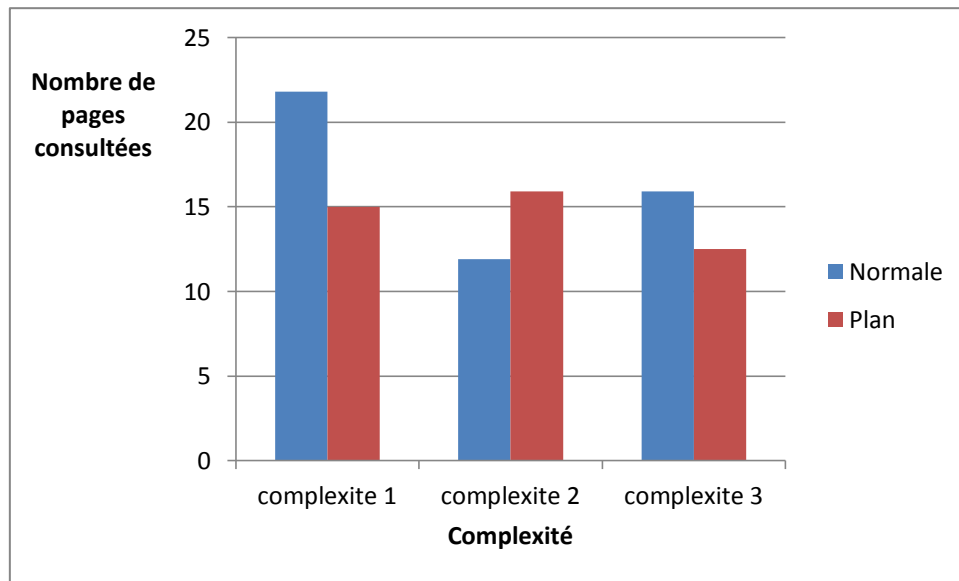


Graphique 32 : nombre moyen des pages consultées selon l'Age et la Modalité

L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'interaction des facteurs Age et Modalité ($F(1,36)=18.02$, $p<.01$). Ce résultat indique que le nombre de pages consultées diminue dans la modalité Plan pour le groupe séniors tandis qu'il augmente pour le groupe étudiants.

L'analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif de l'interaction des facteurs Complexité et Groupe ($F(2,72)=2.86$, $p=.06$).

Le graphique 33 présente le nombre moyen des pages consultées selon la Modalité et la Complexité.



Graphique 33 : nombre moyen des pages consultées selon la Modalité et la Complexité

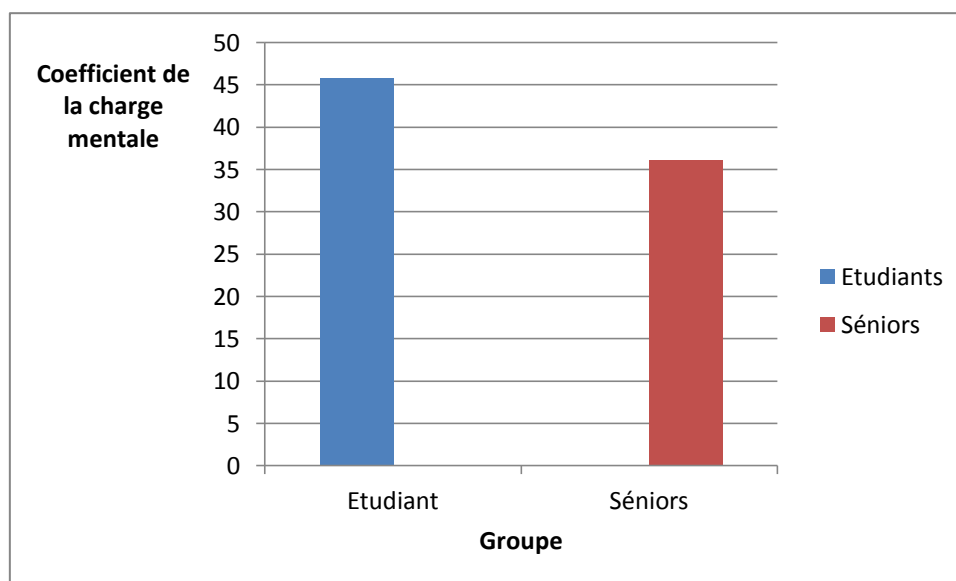
L'ANOVA réalisée révèle un effet significatif de l'interaction des facteurs (Complexité et Modalité) ($F(2,72)=6.94$, $p<.01$), suggérant que les sujets consultent moins de pages dans la modalité Plan dans le premier niveau de complexité et le dernier.

L'ANOVA ne montre pas d'effet significatif de l'interaction des facteurs (Complexité, Age, Modalité) ($F(2,72)=1.62$, $p=.20$).

3.2 Mesures Off Line

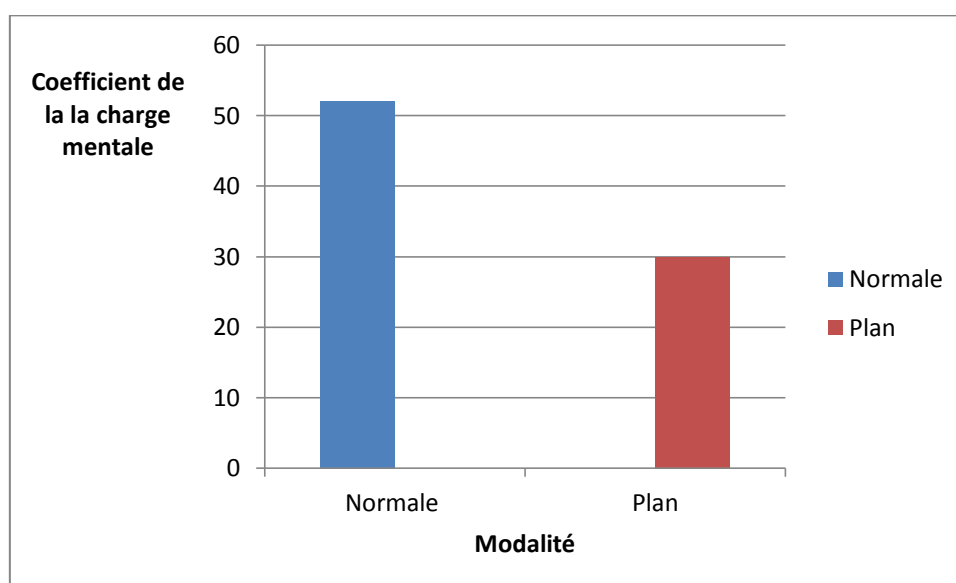
3.2.1 Analyse de la variance pour la mesure de la charge mentale subjective

Le graphique 34 présente l'évaluation de la charge mentale selon l'Age.



Graphique 34 : évaluation de la charge mentale selon l'Age

L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'Age $F(1,44)=8.26$, $p<.01$, suggérant que les séniors ont une charge de pénibilité moins importante que les étudiants. Le graphique 35 présente l'évaluation de la charge mentale selon la Modalité.



Graphique 35 : évaluation de la charge mentale selon la Modalité

L'analyse de la variance montre un effet significatif de la Modalité ($F(1,44)=45.05$, $p<0.1$). Ce résultat révèle que les sujets ont un score de charge mentale plus élevé dans la modalité

Normale et plus réduit dans la modalité Plan. L'analyse de l'interaction des facteurs âge et modalité ne montre pas d'effet significatif ($F(1,44)=3.05$, $p=.08$).

En résumé, l'analyse confirme l'effet de l'âge et de la modalité suggérant que d'une part, le temps de recherche est plus élevé chez les seniors et que d'autre part, la condition plan permet aux sujets de trouver l'information plus rapidement. En revanche, le temps de recherche augmente en fonction du niveau de complexité pour les seniors. Par ailleurs, les sujets consultent moins la consigne dans la modalité Plan. Le nombre de pages visitées révèle que les sujets réduisent leur consultation à partir du deuxième niveau de complexité. Le coefficient de charge mentale est plus réduit dans la modalité Plan en faveur du groupe seniors.

3.2.2 Test MMSE

Au test du MMSE (tableau 11), vingt sujets âgés ayant bénéficié de 9 à 12 ans de scolarité ont obtenus un score supérieur ou égal à 26. Quatre sujets âgés bénéficiant de 9 à 12 ans de scolarité ont eu un score inférieur à 26. Nous avons uniquement analysés les résultats des sujets présentant un score dans les limites de la normalité (supérieur ou égal à 26 sur 30). Nous avons préféré exclure les sujets dont le score est inférieur ou égal à 26 sur 30, risquant de présenter une démence plus ou moins faible.

Séniors	9 à 12 ans Scolarité
Score \geq 26	20
Score $<$ 26	4

Tableau 13: test MMSE

3.2.3 Test Mill Hill

Au test de vocabulaire Mill-Hill (tableau 12) échelle de vocabulaire (version crayon papier) destiné à mesurer les aptitudes verbales qui comprenant une série de 34 mots, les sujets âgés bénéficiaient de 9 à 18 ans de scolarité et ont obtenu une moyenne de 29,20.

Séniors	9 à 18 ans Scolarité
Score moyen /34	29,20

Tableau 14: test MILL HILL

4. Discussion

Dans cette étude, l'objectif poursuivi consistait à étudier les effets d'un dispositif de pointage manuel (souris 3 D) permettant d'alléger les mécanismes de recherche et de traitement d'information. L'hypothèse est que ce dispositif peut avoir des effets significatifs sur l'activité de recherche d'information (temps de recherche, consultation de la consigne et nombre de pages visitées) et diminuer la charge cognitive en mémoire de travail. Nous cherchons à examiner si dans certaines conditions expérimentales, les sujets (jeunes vs âgés) sont susceptibles de bénéficier de ces effets.

L'analyse de la variance confirme un effet significatif de l'âge ($(F(1,36)=19.77, p<0.1)$) sur l'activité de recherche d'information. Ce résultat suggère que globalement les seniors mettent plus de temps que les étudiants à trouver l'information. Ce constat va dans les études menées sur le vieillissement (Czaja et al., 2001; Freudenthal, 2001 ; Rouet et al. 2004 ; Westerman, 1998) dès lors que les sujets âgés mettent davantage de temps à retrouver l'information. Les sujets âgés ont plus de difficultés que les sujets jeunes pour trouver l'information quel que soit le système de recherche utilisé. Certains auteurs y voient la confirmation des difficultés pour les sujets âgés à inhiber l'information non pertinente tout en maintenant le but de recherche. Ihadjadène, Le Rouzo, Graff et Martins (2005) ont étudié l'effet de l'âge en comparant les performances de 24 sujets jeunes et âgés en manipulant le type d'information à chercher. L'effet relevé concerne le nombre d'étapes parcourues, plus important chez les sujets âgés que les sujets jeunes. Les personnes âgées auraient tendance à parcourir plus de liens pour vérifier et comparer la pertinence des informations trouvées. Ce qui explique cette difficulté à maintenir la représentation du but en mémoire. Ces résultats vont dans le sens de ce qui est connu du vieillissement cognitif, c'est-à-dire la diminution des capacités en mémoire de travail avec l'âge. Le vieillissement cognitif a donc une influence sur l'activité de recherche, les sujets âgés mettant plus de temps à trouver l'information, effectuant un plus grand nombre d'étapes, et engageant plus de ressources cognitives que les sujets jeunes.

D'autre part, les résultats révèlent un effet de la modalité ($F(1,36)=5.37, p=.02$), confirmé par la diminution du temps de recherche des sujets dans la condition plan suggérant que les informations sont trouvées plus rapidement. Ce qui révèle que c'est la condition Normale qui engendre un temps de recherche plus long. Alors que dans la modalité Plan, les sujets auraient moins à sélectionner de sous buts limitant ainsi le stockage et le traitement des informations. La modalité Plan exigerait ainsi de la part des sujets, de maintenir activé le but de la recherche

dans la mémoire de travail tout en consultant les informations affichées sur l'écran. Ce constat confirme la phase d'évaluation du modèle proposé par Rouet et Tricot (1998) car « si, pour une raison ou pour une autre, la gestion de l'activité de sélection ou de compréhension entraîne une surcharge cognitive, alors la représentation du but va être momentanément sortie de la MDT. » (Tricot et al, 1998). Par ailleurs, la lecture de la consigne fait l'objet d'un traitement cognitif qui intervient dans la complexité de la tâche à effectuer. La complexité des questions nécessite de la part des sujets, des traitements en mémoire de travail. Nous avons ainsi observé qu'une augmentation de la complexité des questions par l'ajout d'items supplémentaires, n'entraîne pas d'effet d'augmentation de la tâche ($F(2,72)=2.37, p=.10$).

Ce constat suggère que les sujets ne cherchent pas forcément à mémoriser les items de recherche du libellé de la question au fur et à mesure que le niveau de complexité augmente. Les sujets éprouveraient plus des difficultés à gérer une série de sélection sans doute en raison du maintien et du traitement simultané des informations qui parviennent en mémoire.

Les résultats obtenus au questionnaire de l'évaluation de la charge mentale par les sujets montrent un effet significatif de l'âge $F(1,44)=8.26, p<0.1$) et de la modalité ($F(1,44)=45.05, p<0.1$). D'une part, ils révèlent que les seniors ont une charge de pénibilité moins importante que les étudiants et d'autre part, que la diminution de la charge reste en faveur de la modalité plan. La charge mentale dépendrait simultanément des contraintes de la tâche que doivent réaliser les sujets et de leurs capacités de traitement (Kahneman, 1973), c'est-à-dire ce qui correspondrait à la quantité de ressources allouées, à un instant donné, au système de traitement pour résoudre une tâche particulière en utilisant une stratégie donnée.

La charge cognitive apparaît dès qu'un nombre important d'informations à retenir parvient dans la mémoire des sujets. Dès qu'ils doivent retenir une information à partir de l'énoncé de la question, ils font un effort plus ou moins important pour lire et comprendre, et donc plus ou moins coûteux en ressources cognitives.

Dans la modalité Normale, il y a une plus forte interactivité entre les éléments à traiter car les sujets doivent à la fois, lire la consigne, mémoriser les items de recherche et feuilleter chaque page du document tout en cherchant les éléments de réponse pertinents de manière à satisfaire le but de recherche. Si le but n'est pas satisfait c'est-à-dire si la réponse ne correspond pas à l'état initial de la question, ils doivent remonter les étapes une à une, et reconsidérer le but de recherche. Prenons l'exemple de la question suivante : « vous recherchez un studio 18m², en ville ». Pour parvenir à la réponse, ils doivent suivre toutes les étapes de la recherche y

compris explorer les items non précisé dans la question (meublé ou non meublé ?), (garage ou sans garage ?). Ils doivent donc mettre en lien les items de recherche et, plus les items présentés sont nombreux, plus l'interactivité est forte entre eux. Si la page représentant le descriptif du logement n'indique pas les éléments de réponses pertinents alors les sujets doivent revenir en arrière et « re-planifier » leur recherche. Après plusieurs tentatives infructueuses, les sujets doivent déployer un effort mental de plus en plus coûteux pour parvenir au bon résultat de leur recherche. Autrement dit, les sujets doivent dépenser un certain effort pour trouver la bonne réponse étant donné qu'ils ne savent pas où elle se trouve. Cet effort impose donc des demandes cognitives lourdes. En fonction de son intensité, il produit une forte ou faible interactivité. Cet effet « interactivité » entre éléments a été mis en évidence à plusieurs reprises (Chandler & Sweller, 1996). Elle correspond à la charge cognitive intrinsèque.

Mais les difficultés peuvent aussi provenir de la manière dont les informations sont perçues. Dans la modalité Plan, les sujets n'ont pas à parcourir toutes les étapes de recherche décrites dans la modalité normale. Autrement dit, pour accéder à l'information pertinente, ils doivent faire apparaître une fenêtre de prévisualisation et mettre en adéquation les informations présentées avec le but initial de recherche. Cette modalité de navigation liée au format de prévisualisation des informations correspond à un type de charge décrit dans les travaux de John Sweller. C'est la charge extrinsèque. La théorie de la charge cognitive nous renseigne sur l'idée qu'il est possible de réduire la charge cognitive inutile et libérer des ressources pour la charge cognitive utile (qui contribue directement à l'atteinte du but de la tâche).

Dans la modalité Plan, les sujets auraient moins de sous buts à parcourir car ils bénéficieraient de la condition prévisualisation, ils ne sélectionneraient que les éléments pertinents pour parvenir à la bonne réponse. Autrement dit, ils n'auraient pas à parcourir toutes les pages web de manière linéaire et à revenir en arrière si la réponse trouvée ne correspond pas au but de recherche. La modalité Plan permet aux sujets de se focaliser sur les informations pertinentes réduisant ainsi la charge inutile et libérant la charge essentielle pour améliorer la planification de recherche.

Chapitre 14 : Conclusions et perspectives

1. Synthèse des expériences 3 et 4

Dans cette synthèse, il s'agit de comparer les dispositifs (tablette tactile vs souris 3 D) avec chaque variable dépendante. Nous présentons dans les tableaux (13, 14, 15, 16), les moyennes et écarts types des variables dépendantes pour chaque condition selon le niveau de complexité en y associant les effets simples des variables dépendantes (tablette tactile vs souris 3 D). Nous résumons également les principales interactions dans le tableau 17.

1.1 Le temps de recherche

Les moyennes des temps de recherche et les écarts types associés sont présentés dans les tableaux 15 et 16 :

Tablette tactile

Variable (VD) temps	Etudiants N=30 M (SD)		Séniors N=20 M (SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Modalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	56,40 (29,25)	55,42(24,37)	85,97 (17,50)	142,11(95,71)	**		**	*
Complexité 2	47,45 (22,71)	45,15(16.63)	77,21(35,77)	68,40(27,24)				
Complexité 3	46,30 (14,62)	44,33(18,19)	64,96 (36,35)	66,87(26,43)				
							*P < .05 ; **P < .01	
M : Moyenne SD : (écart type)					A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif			

Tableau 15 : moyennes(M) et écarts types(SD) du temps de recherche

Souris 3D

Variable (VD) temps	Etudiants N=20 M (SD)		Séniors N=20 M(SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Modalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	38,70 (16,20)	56,40(17,19)	61,40(11,53)	49,40(7,94)	**	*		**
Complexité 2	36,10 (14,51)	41,50(12,34)	71,70(19,73)	47,60(15,05)				
Complexité 3	33,70 (18,86)	48,80(19,03)	102,60 (38,12)	39,50(9,07)				
					*P < .05 ; **P < .01			
M : Moyenne SD : écart type								
A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif								

Tableau 16 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du temps de recherche

Les résultats obtenus pour la variable temps (tableau 15 et 16) montrent un effet significatif de l'Age confirmant que les sujets âgés mettent plus de temps à trouver l'information que les sujets jeunes quel que soit le dispositif. L'ANOVA du facteur Dispositif révèle que les temps de recherche sont plus importants dans le dispositif tactile (tablette) que dans le dispositif de pointage manuel (souris 3D) ($F(1,82)=11.02$, $p<.05$). En revanche, l'analyse n'indique pas d'effet significatif de la Modalité ($F(1,82)=.10$, $p=.74$) pour la variable temps (sauf pour l'expérience 4).

1.2 Consultation de la Consigne

Les moyennes du nombre de consultation de la consigne et les écarts types associés sont présentées dans les tableaux 17 et 18 :

Tablette tactile

Variable (V D) consigne	Etudiants N=30 M (SD)		Séniors N=20 M (SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Modalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	11,66 (6,33)	9,26 (3,91)	25 (13,15)	9,10 (1,28)	**	* *	*	*
Complexité 2	11,86(5,62)	9,53(2,50)	29,40 (16,06)	8,90 (1,52)				
Complexité 3	17,20(8,96)	11,40(3,81)	33,30 (15,18)	8,70 (0 ,82)				
M : Moyenne SD : écart type		A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif						

Tableau 17 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de consultation de la consigne

Souris 3 D

Variable (VD) consigne	Etudiants N=20 M(SD)		Séniors N=20 M(SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Modalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	49,40 (15,74)	35,20(10,84)	33 (7,51)	26,80 (8,80)	*	*		*
Complexité 2	63,10(16,10)	20 (7,76)	50,30 (15,40)	30,40 (13,30)	*P < .05 ; **P < .01			
Complexité 3	54,70(8,17)	28,80(8,48)	46,90 (19,25)	30,40 (13,79)				
A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif								
M : Moyenne SD : écart type								

Tableau 18 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de consultation de la consigne

Les résultats obtenus pour la variable Consigne (tableau 17 et 18) montrent un effet significatif du facteur Modalité suggérant que les sujets consultent plus la consigne dans la modalité Normale que dans la modalité Plan. L'analyse de la variance du facteur Dispositif indique que les sujets consultent plus la consigne dans le dispositif de pointage manuel que du dispositif tactile. Les interactions des facteurs Age et Modalité ($F(1,82)=17.06$, $p<.01$, puis Modalité et Dispositif ($F(1,82)=6.59$, $p<.05$) sont significatifs. Les sujets âgés consulteraient moins la Consigne dans le dispositif tactile et plus dans le dispositif de pointage manuel que les sujets jeunes.

1.3 Pages consultées

Les moyennes des pages consultées et les écarts types associés sont présentés dans les tableaux 19 et 20 :

Tablette tactile

Variable (VD) pages consultées	Etudiants N=30 M (SD)		Séniors N=20 M (SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Modalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	22,06 (9,46)	12,26 (5,71)	29,50 (11)	13,80 (6,05)	** **			
Complexité 2	13,40 (5,13)	12,93(4,04)	15,70(6,01)	11,60(3,80)				
Complexité 3	13,06(4,04)	13,53(4,70)	13,10 (3,60)	11(3,43)				
					*P < .05 ; **P < .01			
M : Moyenne SD : écart type					A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif			

Tableau 19 : Moyennes(M) et écarts types(SD) du nombre de pages consultées

Souris 3 D

Variable (VD) pages consultées	Etudiants N=20 M(SD)		Séniors N=20 M(SD)		Effet des VD			
	Modalité Normale	Molalité Plan	Modalité Normale	Modalité Plan	A	M	C	D
Complexité 1	14,40(9,33)	17,10(7,53)	28,60(6,68)	13 (3,52)	**			
Complexité 2	10,30(3,86)	18,10(8,96)	13,40(7,54)	12,90 (5,06)				
Complexité 3	10,20 (3,45)	13,60 (3,83)	21,10(13,70)	11,20(2,78)				
					*P < .05 ; **P < .01			
M : Moyenne SD : écart type					A : âge M : modalité C : complexité D : Dispositif			

Tableau 20 : Moyennes(M) et écarts types (SD) du nombre de pages consultées

Les résultats obtenus (tableau 19 et 20) pour la variable Pages consultées, indiquent un effet significatif de la Modalité suggérant que les sujets consultent moins de pages dans la modalité Plan. L'analyse de la variance montre un effet significatif de la Complexité mais aucun effet de l'Age ni du Dispositif. Le tableau 21 présente une synthèse des interactions concernant les variables Temps, Consigne et Pages consultées :

Variables	Tablette	Souris 3 D	Effet Dispositif (tablette vs souris 3 D)
Temps	<ul style="list-style-type: none"> Complexité x Age Complexité x Modalité Complexité x Age x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Age x modalité Age x complexité Modalité x complexité Complexité x âge x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Modalité x Dispositif * Age x modalité x Dispositif Complexité x Modalité ** Complexité x Dispositif ** Complexité x âge x Modalité ** Complexité*âge*Dispositif **
Consigne	<ul style="list-style-type: none"> Complexité x Age x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Age x Modalité Complexité x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Age x Dispositif ** Modalité x Dispositif * Age x Modalité x Dispositif * Complexité x Modalité * Complexité x Modalité x Dispositif *
Pages ouvertes	<ul style="list-style-type: none"> Complexité x Age Complexité x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Age x Modalité Complexité x Modalité 	<ul style="list-style-type: none"> Age x Modalité x Dispositif * Age x Modalité * Complexité x Age * Complexité x Modalité * Complexité x Modalité x Dispositif **

Note : *P < .05 ; **P < .01

Tableau 21 : synthèse interactions des expériences 3 et 4

L'objectif poursuivi des expériences 3 et 4 était de tester la condition prévisualisation en la comparant avec un dispositif de pointage tactile (tablette tactile) et un dispositif de pointage manuel (souris incluant des fonctions de navigation modifiées). La tâche consistait à chercher un logement. Les variables dépendantes manipulées étaient : les temps de recherche, le nombre de pages visitées, le nombre de consultations de la consigne avec deux groupes de sujets (étudiants vs seniors). Les variables indépendantes étaient, le type de modalité (Normale vs Plan), l'âge et la complexité de la recherche (variable intra-groupe). Nous avons introduit une variable intra-groupe (Dispositif) en vue de comparer les effets de la tablette tactile avec la souris 3 D. Nous nous attendions à observer des effets significatifs déjà observés lors des deux expériences précédentes.

Plusieurs résultats apparaissent dans ces deux expériences. Avec la tablette tactile, les résultats indiquent un effet significatif de l'âge et de la complexité mais ne mettent pas en évidence un effet de la modalité sur le temps de recherche. D'une part, les seniors mettent plus de temps que les étudiants pour trouver les informations, et d'autre part, les temps de recherche diminuent de la première à la dernière question. Ce que nous observons serait dû à un effet de complexité de la tâche qui se traduit plus fortement chez les sujets âgés que les sujets jeunes. Cette explication peut s'entendre dans la mesure où les écarts de performance entre sujets jeunes et âgés sont généralement plus importants avec l'augmentation de la complexité d'une tâche (Salthouse, 1996). Toutefois, l'explication en termes de complexité reste à préciser car la tâche ne s'avère pas plus complexe selon les variables manipulées. Concernant les variables temps et pages consultées, le niveau de complexité n'augmente pas mais se réduit de la première à la dernière question. Cependant concernant la variable consultation de la consigne, le niveau de complexité augmente de la première à la dernière question. Autrement dit, les sujets trouveraient plus facilement la réponse en consultant de manière plus fréquente la consigne. Concernant la modalité, l'analyse de la variance n'indiquant pas d'effet significatif.

Avec la souris 3 D, les résultats révèlent un effet significatif de l'âge et de la modalité. D'une part, le nombre de pages consultées dans le premier niveau de complexité pour chaque groupe est statistiquement plus élevé et d'autre part, il est moins élevé dans la modalité Plan pour les seniors et plus élevé pour les étudiants. Par ailleurs, ce dispositif de pointage manuel permet de réduire le temps de recherche d'information ainsi que le nombre de consultation de la consigne et présente donc l'avantage d'être moins coûteux d'un point de vue cognitif. Dans ces deux études, les résultats observés font apparaître que l'effet de l'âge a une influence quel que soit le dispositif (tablette tactile vs souris 3 D). En effet, à l'inverse des étudiants qui ont une tendance à trouver plus rapidement les réponses, les seniors échouent davantage à répondre à la consigne. Ce qui suggère que les seniors peuvent avoir des difficultés dans la recherche d'information du fait d'un déficit de ressources générales qui déclinent avec l'âge. L'avancée en âge s'accompagne d'un déficit des composantes attentionnelles et visuelles. Les seniors éprouvent davantage de difficultés à détecter la présence d'éléments pertinents, notamment lorsque la recherche est complexe (Plude & Hoyer, 1985). Ce résultat est intéressant car une telle influence sélective de l'âge en recherche d'information ne pouvait

être totalement prédite en comparant ces deux dispositifs. Il confirme d'une certaine manière les différences de mémorisation liées à l'âge dans une tâche de recherche d'information.

Dans le dispositif de pointage manuel, les sujets tirent bénéfice de la condition Plan dans laquelle ils trouvent plus rapidement l'information pertinente. La condition normale implique une exploration linéaire des pages web tels « un livre ou un journal » alors que la condition Plan contraint le sujet à un mode d'exploration moins linéaire. C'est parce qu'elle réduirait la distance d'accès entre deux informations éloignées qu'elles influenceraient ainsi les performances des sujets. Ce constat va dans le sens des travaux de Wickens et Carswell (1995) qui indiquent que la distance physique entre les informations dispensées sur plusieurs écrans peut accroître le coût d'accès aux informations.

Ces deux expériences ont permis de comparer les effets de deux dispositifs d'interaction (dispositif tactile vs dispositif de pointage manuel) dans deux conditions (Normale et Plan). Au regard des différences significatives observées entre la modalité Normale et la modalité Plan, nous confirmons que l'utilisation de ce dispositif de prévisualisation pourrait conduire effectivement à une amélioration des performances liées à une tâche de recherche d'information et à une amélioration notable des performances pour les publics âgés.

2. Discussion générale et perspectives de recherche

Le but principal de cette thèse était d'apporter des éléments de compréhension sur un dispositif technique innovant concernant l'utilisation des modalités d'interaction et les processus cognitifs qui y sont associés dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Pour cette recherche, nous avons adopté une démarche pluridisciplinaire et mobilisé plusieurs domaines de recherche : la psychologie cognitive, l'ergonomie cognitive, les sciences de l'information et de la communication. Cette démarche était un moyen de comprendre et de qualifier les processus cognitifs mobilisés dans un tel dispositif. Cependant, la difficulté de ce travail était de faire aussi le lien entre ces disciplines autour de notre objectif d'étude. Pour cela, nous avons privilégié une approche expérimentale pour nos analyses, dont l'objectif était de produire des interprétations à partir de facteurs contrôlés.

Les quatre expériences menées dans cette thèse ont donc été conduites dans un cadre expérimental avec une approche centrée sur la cognition. Ce qui la caractérise est son focus sur l'activité cognitive. Elle permet de décrire les activités mentales et de choisir un point de vue particulier. Nous observons et décrivons l'activité cognitive en nous appuyant sur des

modèles cognitifs déjà existants et des théories sur la mémoire, contrairement à d'autres approches qui pourraient l'appréhender au travers de productions verbales ou d'observations participatives. Nous examinons et comparons deux modalités d'interaction (Normale vs Plan) avec une population expérimentale (jeune vs âgée) en vue de tester un dispositif breveté. Nos investigations portent sur les mécanismes et les ressources mentales en tentant de comprendre comment l'activité cognitive tire parti de ce dispositif. Ce travail vise donc à mieux comprendre les processus mentaux de recherche d'information d'un dispositif d'interaction doté d'une nouvelle modalité de navigation permettant de consulter des informations en profondeur dans un document. Il fournit entre autre un champ d'application concret et extensif car ce dispositif pourrait s'étendre à d'autres outils d'interaction (interfaces de téléphone mobiles, « *trackpad* » d'ordinateurs portables, consoles de jeux...). Cependant, nous avons souhaité étudier les apports de ce dispositif sur des documents en ligne et principalement sur un site internet expérimental avec un dispositif tactile pour lequel nous contrôlions les facteurs.

Dans un premier temps, nous synthétisons globalement notre approche avec quelques contributions, puis dans un second temps, nous envisageons quelques limites et perspectives que ce travail de recherche suggère. Le développement des nouveaux outils numériques (tablettes tactiles ou Smartphones) nous invitent à considérer les contraintes et les nouveaux modes d'interaction que posent ces interfaces en expansion. Les indices du marché font pressentir que l'hégémonie de l'ordinateur est en perte de vitesse et que, même s'il garde de nombreuses utilités pour différentes tâches, il sera dans un futur proche complété par de nombreuses technologies aux modalités d'interaction variées. Les dispositifs développés, à quelques exceptions près, le sont souvent en suivant une approche exclusivement technologique, sans réelles études sur l'activité cognitive des utilisateurs.

Nos questions de recherche concernent le comportement ou la mise en œuvre des processus cognitifs des utilisateurs avec un dispositif de pointage manuel breveté. Notre approche est centrée en particulier sur les éléments suivants :

- Une méthodologie expérimentale c'est-à-dire une démarche scientifique consistant à tester la validité d'une hypothèse en obtenant des données nouvelles conformes ou non à l'hypothèse émise,

- Une méthodologie de traitement et d'analyse de données avec des outils éprouvés : (logiciel de statistiques « Statistica », logiciel de traitement des données des mouvements oculaires « Tobii Studio »...).

D'un point de vue théorique, les principales contributions que nous avons essayé d'apporter dans ce travail peuvent être résumées par les quelques points qui suivent.

- Une contribution à la mise en lien de diverses disciplines que nous avons tentés de mobiliser autour de notre problématique recherche,
- Une contribution à la mise en évidence du comportement des utilisateurs (jeunes vs âgés) dans une tâche de recherche d'information, grâce à l'utilisation d'outil de capture des mouvements oculaire (Eye Tracking),
- Une contribution à l'étude du rôle que peut avoir la prévisualisation dans la recherche d'information par les utilisateurs,
- Une contribution à améliorer la compréhension du comportement des utilisateurs dans le domaine de l'interaction homme – machine par l'étude des effets de ce dispositif.
- Une contribution à la compréhension et la validation du modèle Rouet et Tricot (1995, 1996, 1998) dans une tâche de recherche d'information comportant un but. Bien qu'il reste généraliste, il constitue un modèle assez représentatif dans le domaine de la recherche d'information et des apprentissages dans les documents numériques. Ce qui le caractérise c'est la comparaison permanente qu'opère l'utilisateur entre la représentation du but et les contenus affichés. D'une part, elle peut entraîner chez l'utilisateur une difficulté à maintenir une représentation stable du but pendant que d'autres activités sont en cours : planification, sélection, compréhension et évaluation (Tricot et Rouet, 2004), d'autre part, un risque d'une surcharge cognitive (Amadiou & Tricot, 2006).
- Une contribution à tester les principaux concepts de la théorie de Sweller (2003). Ce double traitement : nécessité de construire une représentation du but en mémoire et nécessité de rechercher l'information pertinente (évaluer, sélectionner, et traiter) augmenteraient la mobilisation de la charge extrinsèque (inutile au traitement de l'information) au détriment de la charge essentielle (directement en jeu dans le traitement de l'information). Autrement dit, l'utilisateur au cours de sa recherche ne se souvenant plus de son but ou des pages consultées mobiliserait plus de ressources

cognitives à « re-planifier » sa recherche ou reconstruire à chaque fois le but de sa recherche en fonction des informations consultées.

L'intérêt de ce travail réside dans les questions liées aux interactions homme machine et particulièrement dans la représentation mentale que se fait l'utilisateur du document qu'il consulte. Elles bouleversent plus que jamais notre rapport à l'information et aux technologies. Cela nécessite que l'on s'interroge sur leur usage pour mieux comprendre notre façon d'interagir avec elles. Les résultats de cette étude suggèrent que l'utilisation de ce dispositif de prévisualisation peut améliorer la recherche d'information dans un document en réduisant la distance entre l'état initial et l'état final selon le modèle de Rouet et Tricot(1998) et en allégeant la charge cognitive. La réduction de cette distance est un levier pour la consultation de documents numériques car le fait de rendre accessible à l'utilisateur un ensemble de données, avec la possibilité d'agir sur cet ensemble est un principe à suivre en particulier pour les dispositifs d'apprentissage. La modalité Plan joue un rôle essentiel pour l'intégration des informations. Ce mode de consultation non linéaire permet à l'utilisateur d'avoir une « vue » cohérente de ce qu'il consulte. Les effets significatifs concernant les scores de la charge cognitive dans la condition Plan seraient dus au mode de recherche d'informations différent et peu habituel comparativement à celui qui est (facilement) opéré sur un document classique. Le mode Plan offre une meilleure visualisation des données d'un ensemble permettant à des apprenants d'avoir une meilleure représentation mentale de leur objectif de recherche et d'avoir un meilleur contrôle de leur apprentissage. Il permet de guider et d'alléger les processus cognitifs et de prise de décision. Il permet d'avoir un accès à des données pertinentes avec un effort cognitif réduit, optimisant l'activité de traitement de l'information et favorisant ainsi les apprentissages. Les problèmes de désorientation et de surcharge cognitive à laquelle doivent faire face les apprenants sont souvent liés à la nécessité d'effectuer un double traitement, à savoir le contenu des informations et celui des relations entre ces informations. La difficulté à concevoir des séquences d'apprentissage efficaces tiendrait surtout à la mise en œuvre pour faciliter le traitement de ces contenus.

Les perspectives de ce travail consisteraient à poursuivre les analyses des effets de ce dispositif en donnant une épaisseur supplémentaire en lien avec la recherche d'information sur le web. En effet, notre expérimentation reste quand même limitée en particulier au niveau du corpus (recherche de logement dans un site web) et du choix des participants (étudiant et seniors). Nous aurions pu choisir une autre thématique de recherche qui n'exige pas de

connaissances préalables et éventuellement des sujets autres que des étudiants. Cette étude entendait répondre à certaines questions relatives à de nouvelles modalités d'exécution procédurales dans des activités complexes de recherche d'information. Toutefois, elle suscite quelques commentaires. Les conditions d'expérimentation et de recueil de données ont été réalisées de manière rigoureuse. Même si les protocoles expérimentaux que nous avons mobilisés dans ce travail ont été coûteux et très contraignant (recrutement difficile de sujets, calibrage parfois difficile avec les seniors, difficultés de certains sujets à comprendre les consignes...), nous avons volontairement écartés les sujets n'ayant pas suivi scrupuleusement les consignes et suivi le protocole afin d'avoir des données objectives.

L'intérêt de ce dispositif technique réside dans les effets de la visualisation des informations sur les utilisateurs. Quand l'utilisateur est confronté à une trop grande quantité d'information, la visualisation reste un mode d'accès privilégié. L'explication trouve son origine dans la capacité naturelle de l'homme à traiter de manière instantanée et sans effort des informations représentées graphiquement dans un ensemble de carte mentales ou de schémas heuristiques (Tony Busand, Barry Busand, 1999). La vue serait un des sens les plus performants de l'être humain. L'œil perçoit un ensemble de signaux simultanément et traite instantanément avant même de mettre en œuvre des mécanismes cognitifs tel que le raisonnement ou la mémorisation (Barsalou, 1999).

La visualisation d'information est un domaine encore récent. Toutefois, elle reste un champ de recherche très prometteur pour l'exploration et la compréhension de données. La visualisation d'information est définie comme l'utilisation de dispositifs interactifs de représentations visuelles de données abstraites pour amplifier la cognition (Card, 1999). Ce domaine s'inspire de travaux liés à la représentation visuelle de données (Friendly, 2001), des méthodes de la cartographie (Tricot 2010, Bertin 1999) et des architectes de l'information (Burkhard, 2004) ; la visualisation devient un dispositif interactif. La visualisation peut représenter des données mais aussi permettre de naviguer dans les données, voire de les modifier. C'est dans les techniques d'interaction que l'on peut attendre les développements les plus significatifs en améliorant les techniques de visualisation et la recherche d'information. La technique d'exploration focus + contexte est centrale dans ce dispositif. La plupart des outils de visualisation proposent soit une vue globale (contexte) suivie d'une vue plus locale (focus), soit combinent les vues globales et les vues locales (contexte + focus). Ce type de technique introduit une nouvelle dimension dans l'interface homme machine qui est la profondeur. Elle

permet à un utilisateur de voir plusieurs vues au même moment sur le même espace écran. Cette technique est dite « immersive » car l'utilisateur « plonge » dans l'espace informationnel.

Ce dispositif de prévisualisation peut être bénéfique car il permet de faciliter la navigation dans un espace de recherche et ainsi d'accéder à l'information pertinente avec un allègement des fonctions cognitives. L'arrivée quotidienne des nouveaux outils numériques avec le développement des nouvelles interfaces prouve que cette présente étude est loin d'être complète pour avoir suffisamment de recul sur le domaine de la visualisation de l'information. En proposant une analyse plus fine de la tâche de prévisualisation, on pourrait mieux expliquer et prédire la nature des processus cognitifs en jeu dans l'utilisation de la prévisualisation comme en leur absence. Cela permettrait d'identifier des indicateurs de performances et de charge cognitive plus précis et plus spécifiques à ce type de tâche. Même si les items de la charge cognitive utilisés dans nos expérimentations sont pertinents, ils restent toutefois trop généraux pour capturer les spécificités de la tâche. On pourrait éventuellement suggérer d'ajouter quelques mesures subjectives de la charge spécifique plus sensibles aux variables manipulées. Ce qui conduirait à pouvoir proposer un modèle plus précis de la tâche de prévisualisation.

BIBLIOGRAPHIE

Agosti, M. & Smeaton, A. (1996). *Information Retrieval and Hypertext: Kluwer Academic Publisher*. ISBN 0 -7923-9710-X.

Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Exploratory study of relations between prior knowledge, comprehension, disorientation and on-line processes in hypertext. *The Ergonomics Open Journal*, 2, 49-57.

Amadiou, F., van Gog, T., Paas, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Effects of prior knowledge and conceptual map structure on disorientation, cognitive load, and learning. *Learning & Instruction*, 19, 376-386.

Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Effects of prior knowledge diversity on learning with a non-linear electronic document: Disorientation and coherence of the reading sequence. *Computers in Human Behavior*, 25, 381-388.

Amadiou, F., Bastien, C., & Tricot, A. (2008). Les méthodes on-line 1 : Analyse des parcours. In : Chevalier, A., & Tricot, A. (Eds.). *Ergonomie des documents électroniques*. (pp. 251-270). Paris : PUF.

Amadiou, F., Tricot, A., & Marine, C. (2004). Rôle du guidage fourni par la structure d'un cours en ligne en fonction du niveau et du type d'expertise des apprenants. *10ème Journée d'Etude sur le Traitement Cognitif des Systèmes d'Information Complexes, JETCSIC'04*, 17 et 18 juin 2004, Genève.

Andrade, R., Almeida, B., Cubaud, P., Dupire, J., Natkin, S., et Topol, A. (2005). En hommage à Ramelli : un dispositif immersif de consultation de bibliothèques numériques. In : H2PTM, 2005. (Réf. CEDRIC 965).

Anstey, K. J., Luszcz, M. A., Lord, S. R., & Christensen. (2000). Biomarkers, health and cognitive ageing: Results from Australian studies. *International Journal of Psychology*, 35, 127.

Astolfi, J-P, (1993), Comment les élèves apprennent ils ? *Sciences Humaines*, N°32, octobre : p 26-29.

Babin, L. M., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Seeking and providing assistance while learning to use information systems. *Computers & Education*, 53, p. 1029–1039.

Baccino, T., & Colombi, T. (2001). L'analyse des mouvements des yeux sur le Web. In : A.VomHofe (Ed.). *Les interactions homme-système : perspectives et recherches psychologiques ergonomiques*. Paris: Hermès.

Baccino, T., (2004). *La lecture électronique*. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.

Bachimont, B., et Crozat, S. (2004). « Instrumentation numérique des documents : pour une séparation fonds/forme. » *Information-Interaction-Intelligence I3*, 4(1), 95-104.

Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford : Oxford University Press.

- Baddeley, A. D.** (1990). *La mémoire humaine : Théorie et pratique*. Presses universitaires de Grenoble.
- Baecker, R., and Buxton, W.** (1987). *Readings in Human - Computer Interaction: A Multidisciplinary Approach*. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA.
- Baeza-Yates, R. et Ribeiro-Neto, B.** (1999). *Modern Information Retrieval*.s.l. : Addison-Wesley Educational Publishers Inc, ISBN 978-0201398298.
- Balland, M.H., Delavanne, A., Fortino, D., Loore, S.,** (1999). Synthèse bibliographique 5IF: les Bibliothèques Virtuelles. <http://enssibal.enssib.fr/bibliothèque/documents/travaux/bibvirt/rapp3.html> (consulté le 3 novembre 2012).
- Balpe, J.P.,Lelu, A., Saleh,I., Papy, F.,** (1996). *Techniques avancées pour l'hypertexte*. Éditions Hermès Paris.
- Barrouillet, P.** (1996). Ressources, capacités cognitives, mémoire de travail : postulats, métaphores et modèles. *Psychologie Française*, 41(4), 319-338.
- Barsalou L. W.,** (1999). Perceptual symbol Systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577-660.
- Bartram, L., Ho, A., Dill, J., and Henigman, F.** (1995). The continuous zoom: A constrained fisheye technique for viewing and navigating large information spaces. *UIST 95*: ACM Press, pp. 207–215, 1995.
- Bhatt, G.** (2004). Bringing virtual reality for commercial Web sites. *International Journal of Human Computer Studies*, 60, 1-15.
- Bastien C.** (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris: PUF.
- Bates, M.,** (1989). The Design of Browsing and Berry picking Techniques for the Online Search Interface, in *Online Review*, vol. 13, p. 407-424.
- Beauvisage, T.** (2004). *Sémantique des parcours des utilisateurs sur le Web*. Thèse de Doctorat : Sciences du Langage, Paris X- Nanterre.
- Beilock, S.L., & DeCaro, M.S.** (2007). From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, & Cognition*, 33, 983-998.
- Bélisle, C., Bertrand Legendre,** (2004). *La lecture numérique réalités, enjeux et perspectives*. (Eds). Presses de l'ENSSIB, 2004 ISBN : 2-910227-51-0.
- Belkin, Cool, Croft & Callan** (1993). The effect multiple query representations on information retrieval system performance. *ACM-SIGIR'93*, Pittsburgh, June, 1993.
- Belkin, N.,** (1978). Information concepts for information science. *Journal of documentation*, vol. 34, p. 55-85, 1978.

- Belkin, N.**, (1987). Knowledge elicitation using discourse analysis. *International Journal of Man-Machine studies*, vol. 27, p. 127-144, 1987.
- Bertin, J.** (1999). Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes, Paris, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences.
- Bétrancourt, M. & Bisseret, A.** (1993). Interaction texte / figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage. In Baron, M., Gras, R., & Nicaud, J.-F. (dir.) *Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur. Troisièmes Journées EIAO de Cachan*. Paris : Eyrolles. pp. 65-76.
- Bétrancourt, M. & Caro, S.** (1998). Intégrer des informations en escamots dans les textes techniques : quels effets sur les processus cognitifs ? In Tricot, A. & Rouet, J.-F. (dir.). *Hypertextes et Hypermédias : concevoir et utiliser les hypermédias : approches cognitives et ergonomiques*. Paris : Hermès. pp. 157-173.
- Blanchet, A.** (1987). La construction de modèles spontanés chez l'enfant et le rôle de l'assimilation. In : Giordan, A., & Martina, J.L., *Modèles et simulation*, 63-70.
- Blondel F-M.** (2001). Pratiques documentaires en sciences avec Internet, outils de recherche et compétences des élèves. *Internet-Based Teaching and Learning*, n°. 99 : p 73-78.
- Boder, A.** (1982). Le rôle organisateur du schème familial en situation de résolution de problèmes. Thèse de doctorat en psychologie, Université de Genève.
- Boubée N., & Tricot A.** (2007). La formulation de requête, une pratique ordinaire des élèves du secondaire. 6^{ème} Colloque international du chapitre français de l'ISKO, Toulouse, 7-8 juin 2007.
- Boubée, N., & Tricot, A.** (2010). Qu'est-ce que rechercher de l'information ? Lyon : Presses de l'ENSSIB.
- Brangier, É., Dinet, J., & Bastien, J. M. C.** (2009). La méthode des staffs d'experts de communautés. Orientation théorique, démarche méthodologique et application pratique. *Document numérique*, 12(2), 111-132.
- Brand-Gruwel S., Wopereis I., & Vermetten Y.** (2005). Information problem solving: Analysis of a complex cognitive skill. *Computers in Human Behavior*, n°. 21, p. 487-508.
- Brouillet, D., Syssau, A.**, (2000). *Le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement*. (Eds.), De Boeck université, 2000, 331 pages.
- Brown, P.J.** (1988). Hypertext: the way forward, éditions J.C. Van Vliet, Document manipulation and typography, *Proceedings Of the international Conference on Electronic Publishing*, Nice, p.183-191, avril 1988.
- Brown P.J., Jones G.**, (2002). Exploiting Contextual Change in Context-Aware Retrieval. *Proceedings of the 17th ACM Symposium on Applied Computing (SAC2002)*, Madrid, p. 650-656, 2002.

Bruillard, É., & Fluckiger C. (2010). TIC : Analyse de certains obstacles à la mobilisation des compétences issues des pratiques personnelles dans les activités scolaires, François CHAPRON et Eric DELAMOTTE (Dir.), *L'éducation à la culture informationnelle* (pp. 198-207). Villeurbanne: Presses de l'ENSIB.

Buckland M.K., (1995). "The centenary of Madame Documentation, Suzanne Briet, 1884-1989". *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 46, n° 3, pp. 235-237.

Buckland M.K., (1997). "What is a document ?", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 48, n° 9, pp. 804-809.

Buckland M.K., (1998). "What is a "digital document" ?", *Document numérique*, n° 2, pp.221-230.

Burkhardt, JM. (2003). *Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques*. PUF : *Le travail humain* - Volume 66 pages 65 à 91.

Burkhardt, JM. (2003). *Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques* PUF : *Le travail humain* - Volume 66 pages 65 à 91.

Burkhard, R.A. (2004). Learning from Architects: The Difference between Knowledge Visualization and Information Visualization. *Proceedings of the Information Visualisation, Eighth International Conference on (IV'04)* - Volume 00, IEEE Computer Society.

Canter, D., Rivers, R., & Storrs, G. (1985). Characterizing user navigation through complex data structures. *Behaviour and Information Technology*, 4(2), 93-102.

Card, S. K., Mackinlay, J. D. et Robertson, G. G. (1990). The design space of input devices. In CHI '90 : *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, p 117–124, New York, NY, USA. ACM Press. (p36, 37, 38, 41).

Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Robertson, G. G. (1991). A morphological analysis of the design space of input devices. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 9(2):99-122.

Card, S.K., Mackinlay, J.D. & Shneiderman, B. (1999). 'Data mapping: document visualization', *Readings in information visualization: using vision to think*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., p.409-410.

Caro, S., (1995). Rôle des organisateurs paralinguistiques dans la consultation des documents électroniques. Thèse de doctorat. Université de Grenoble 3.

Caro, S. et Bisseret, A. (1997). Étude expérimentale de l'usage des organisateurs paralinguistiques de mise en retrait dans des documents électroniques. *Le travail humain*, 60, 4, 409-437.

Caro, S. & Bétrancourt, M. (1998). Ergonomie de la présentation des textes sur écran : guide pratique. In : Tricot, A. & Rouet, J.-F. (dir.) *Hypertextes et Hypermédiats. Concevoir et utiliser les hypermédiats : approches cognitives et ergonomiques*. Paris : Hermès. pp.123-137.

Caro, S. & Bétrancourt, M. (2001). Ergonomie des documents numériques. *Traité Informatique*, H7 220, Techniques pour l'Ingénieur (TPI) : Paris.

- Cartier M.,** (1990). La navigation à l'écran. In "*Communications et Langages*", n°84, Avril 1990, pp. 98-115.
- Cary, M., & Carlson, R.A.** (1999). External support and the development of problem - solving routines. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 25, 1053- 1070.
- Chaker, H., Chevalier, M., Soulé-Dupuy, C. & Tricot, A.** (2010). Système de recherche d'information pour les tâches métier. *CORIA, Conférence en Recherche d'Information et Applications, 18-20 mars 2010, Sousse, Tunisie.*
- Chanceaux, M.,** (2009). Simulations cognitives de trajets oculomoteurs lors d'une recherche d'information. *Proceedings of the 21st International Conférence on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine.* p163-172.
- Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J.** (2007). *La charge cognitive.* Paris : A. Colin.
- Chaudiron, S., Ihadjadene, M.** ((2004). Evaluer les systèmes de recherche d'information : nouveaux modèles de l'utilisateur. *Hermès* n°39, p170-178.
- Chaudiron, S., & Ihadjadene, M.** (2002). Quelle place pour l'usager dans l'évaluation des SRI ? In : *Recherches récentes en Sciences de l'information : convergences et dynamiques. Actes du colloque MICS-LERASS, 21 et 22 mars 2002, Toulouse, ADBS Editions, 221-231.*
- Chevalier, A. & Kicka, M.** (2005). Rechercher des Informations dans un Site Web : en quoi les concepteurs se distinguent-ils des utilisateurs ? *Communication présentée à la SFP'2005 (atelier "ergonomie et nouvelles technologies")*, Nancy, France, Septembre 2005.
- Chevalier, A.** (2004). Concepteurs de sites web : est-il plus facile d'évaluer un site que d'en concevoir un ? *Revue d'Interaction Homme-Machine*, 5, 59-90
- Chevalier, A., & Ivory, M. Y.** (2003). Web Site Designs: Influence of Designer's experience and Design Constraints. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 57-87.
- Chevalier, A.** (2004). L'orientation du cahier des charges constitue-t-elle une aide à la conception de sites Web ergonomiques ? *Revue d'Intelligence Artificielle*, 3, 337-366.
- Chevalier, A.** (2003). Effet du niveau d'expertise des concepteurs sur la prise en compte de contraintes et sur la qualité ergonomique de maquettes de sites web. *Le Travail Humain*, 66, 129-162.
- Chevalier, A., & Tricot, A.** (2009). La cible permet-elle de caractériser la difficulté d'une tâche de recherche d'informations sur le Web ? *EPIQUE*. Nice, France, 29-30 Septembre.
- Chevalier, A., & Tricot, A.** (2009). La cible permet-elle de caractériser la difficulté d'une tâche de recherche d'informations sur le web ? In : Cahour, B., Anceaux, F., & Giboin, A., (Eds.), *Actes du colloque EPIQUE 2009* (pp. 157-164). Nice, France, Septembre.
- Chevalier, A., & Tricot, A.** (2008). *Ergonomie des documents électroniques.* Paris : PUF (collection le travail humain).

Chevalier, M. et Ciaccia, A. (2009). Modélisation utilisateurs et systèmes d'information sur le web : pour une approche centrée usager. *Hypertextes, Hypermédiass (H2PTM 2009)*. 2009, pp. 61-73.

Ciaccia, A. (2008). De la compréhension d'un besoin d'information à la recherche d'information sur le web : analyse cognitive du rôle de facteurs liés à l'utilisateur et à la tâche. Thèse de doctorat, Université Paris Ouest Nanterre.

Ciaccia A., Ihadjadene M., Martins D., (2006). Évaluation des moteurs de recherche cartographiques. *Document numérique*, 9(2), pp. 111-125.

Ciaccia, A., & Clavel, C. (2009). Le traitement de l'information dans des activités de recherche d'information sur le Web : analyse cognitive de l'influence de variables liées à l'utilisateur et au type de problème de recherche. In H2PTM'09. Rétrospective et perspective 1989-2009. Saleh I., Leleu-Merviel S., Jeanneret Y., Massou L. & Bouhai N. (Eds). Paris : Hermès-Lavoisier. 75 – 86.

Ciaccia A., Martins, D. (2008). Recherche d'informations sur le Web : Analyse cognitive du rôle des connaissances de l'utilisateur. Actes PeCUSI 2008 - Fontainebleau.

Czaja, S. J., & Sharit, J. (1998). Age difference in attitudes toward computers. *Journal of Gerontology : Psychological Sciences*, 53, 329-340.

Colombi,T. & Baccino.T (2003). Le rôle de la mise en page et de la structure syntaxique dans la sélection des liens hypertextuels. *Le Travail Humain*, 66(1).

Conklin J. (1987). Hypertext: an introduction and survey. In *IEEE Computer*, September, pp. 17-41.

Cooper, G. (1998). Research into Cognitive Load Theory and Instructional Design at UNSW. South Wales, Australia (December 1998).

Corson, Y. (1982). Aspects psychologiques liées à l'interrogation d'une base de données. Rapport de recherche de l'INRIA, avril 1982, Rocquencourt. (<ftp://ftp.inria.fr/INRIA/publication/publi-pdf/RR/RR-0126.pdf>).

Collard, A- S. (2009). Comprendre et naviguer dans un hypermédia métaphorisé : l'influence de la forme d'un hypermédia métaphorisé et des comportements de consultation induits sur la représentation mentale des contenus communiqués. Presses universitaires de Louvain.516 p.

Cotte, D. (2004). Le concept de document numérique. *Communication & langages*, n° 140, juin 2004, p. 31-41.

Gardiès, C., Fraysse, P., & Courbières, C., (2007). Distance et immédiateté : incidences du document numérique sur le traitement de l'information. Etude de communication n°30. P71-78.

Craik, F.I.M., & Salthouse, T.A. (2000). The Handbook of Aging and Cognition (2nded.) Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cubaud, P. (2008). 3D interaction for digital libraries, Titre du livre: "*Digital Libraries (F. Papy ed.)*", January 2008, ISTE Wiley, pp. 123-144.

- Czaja, S. J., Sharit, J., Ownby, R., Roth, D. L., & Nair, S.** (2001). Examining age differences in performance of a complex information search and retrieval task. *Psychology and Aging*, 16(4), 564-579.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A.** (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Deltour, J. J.** (1993). Echelle de vocabulaire Mill Hill de J. C. Raven: Adaptation française et normes comparées du Mill Hill et du Standard Progressive Matrices (PM38). Manuel et Annexes. Braine le Château, Belgique : Application des Techniques Modernes.
- Dieberger A.** (1994). Navigation in Textual Virtual Environments using a City Metaphor, Thèse de doctorat, Université de technologie de Vienne.
- Dillon, A., McKnight, C. & Richardson, J.** (1990). Navigation in hypertext: a critical review of the concept, en Diaper, D., Gilmore, D., Cockton, G., Shackel, B. (Eds.). *Proceedings of Human Computer Interaction INTERACT'90*, pp. 587-592, Amsterdam, North-Holland.
- Dillon, A.** (1994). Designing usable electronic text: Ergonomic aspects of human information usage, London: Taylor and Francis.
- Dillon, A.** (1996). Myths, misconceptions and an alternative perspective on information usage and the electronic medium. In: J.-F., Rouet, J., Levonen, A. Dillon, & R.J Spiro (Eds.), *Hypertext and cognition*, 25-42, Mahwah NJ : Erlbaum.
- Dinet, J., De Cara, B., Therouanne, P., Chanquoy, L., Rouet, J.-F., Tricot, A. Vivian, R., & Dumercy, L.** (2010). L'utilisation des moteurs de recherche par les jeunes : Impact des connaissances du domaine et des connaissances procédurales sur les stratégies d'exploration visuelle. *TICE, 7ème Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement*, Nancy, 6 - 8 décembre 2010.
- Dinet, J., & Tricot, A.** (2008). Recherche d'information dans les documents électroniques. In : Chevalier, A. & Tricot, A., *Ergonomie des documents électroniques*, Chapitre 2, Paris : Presses Universitaires de France.
- Dinet, J.** (2010). Le Web comme nouvelle source d'informations médicales : Intérêts, limites et enjeux pour les seniors. *Journées d'Étude "Images troublées, réalités morcelées, Alzheimer : Incarnation du mal vieillir ?*, 30 septembre - 1er octobre 2010, Metz, Centre d'Affaires CESCO.
- Dinet, J., Bastien, C., & Kitajima, M.** (2010). "What, where and how are young people looking for in a search engine results page? Impact of typographical cues and prior domain knowledge." *22ème Conférence sur l'Interaction Homme - Machine*, Luxembourg, 20-23 septembre 2010.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. et Beale, R.,** (1993). *Human -Computer Interaction*, 570 pages, Prentice Hall.
- Dixon, P.** (1991). From research theory to practice: Commentary on Chandler and Sweller. *Cognition and Instruction*, 8, 342-350.

Donat olivier, (2008). *Les pratiques culturelles des Français à l'ère du numérique*. Paris, La Découverte / Ministère de la Culture et de la Communication.

Dubois, D. et Prade, H. (2001). La problématique scientifique du traitement de l'information. *Information-Interaction-Intelligence*, 2001, volume 1, n°2.

Dupoirier, G. (1995). *Technologie de la GED: techniques et management des documents électroniques*. Hermès.

Ellis D. (1989). A behavioural approach to information retrieval system design. *Journal of Documentation*, n°. 45, p. 171-212.

Ellis, D., & Haugan, M. (1997). Modeling the information seeking pattern of engineers and research scientists in an industrial environment, *Journal of documentation*, 53, 4, 384-403.

Ellis, R. D., & Allaire, J. C. (1999). Modeling computer interest in older adults: The role of age, education, computer knowledge, and computer anxiety. *Human Factors*, 41(3), 345-355.

Etcheverry, I. (2009). Les Exigences cognitives de la recherche d'information sur Internet et les difficultés liées à l'âge examinées sous l'angle de la recollection. Thèse de Doctorat, psychologie : Toulouse.

Falzon, P. (2005). Ergonomie, conception et développement. In : *40ème Congrès de la SELF Saint-Denis, La Réunion*.

Fezzani, K., Albinet, C., Thon, B., & Marquié, J. C. (2009). Effect of motor difficulty on the acquisition of a computer task: a comparison between young and older adults. *Behaviour & Information Technology* (in press).

Fisher, K. E., Erdelez, S., & McKechnie, E. F. (2005). Theories of information behavior. Assist Medford publié par information today.

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR, (1975). Mini-mental state : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician, *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.

Foucault, B. et Coulet, J-C (2001). Étude expérimentale de l'évolution des stratégies de navigation et de l'apprentissage dans un cours en ligne. *5^{ème} colloque hypermédias et apprentissage*, 9, 10 et 11 avril 2001, Grenoble Domaine Universitaire de Saint-Martin-d'Hères.

Fournier H., & Loïselle J. (2009). Les stratégies de recherche et de traitement de l'information des futurs enseignants dans des environnements informatiques. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*. p 18-29.

Freudenthal, D. (2001). Age differences in the performance of information retrieval tasks. *Behaviour & Information Technology*, 20(1), 9-22.

Ganier, F. (2002). Evaluer l'efficacité des documents techniques procéduraux: Un panorama des méthodes. PUF- *Le Travail Humain*, 65, 1, 1-27.

- Ganier, F., et Gombert J-E., Fayol M.,** (2001). Discours procédural et activités mentales : de la compréhension d'instructions complexes à la planification de l'action. *Langages*, 35e année, n° 141. *Les discours procéduraux*. pp. 47-63.
- Gardiès, C. & Fraysse, P. & Courbières, C.** (2007). Distance et immédiateté : incidences du document numérique sur le traitement de l'information. *Etude de communication* n°30.
- Gérouit, C., Piolat, A., Roussey, J.Y. & Barbier, M.L.** (2001). Coût attentionnel de la recherche d'informations par des adultes sur hypertexte et sur document papier. *Actes du 4^e Colloque International sur le Document Electronique* (pp.201-215). Toulouse : Université de Toulouse le Mirail.
- Gibson j.,** (1979). *The ecological approach to visual perception*, Boston: Houghton Mifflin.
- Giry Marcel, Lucien J-C** (1996). Navigation en hypermédia et/ou multimédia et construction du savoir. In : *Hypermédiatés et apprentissages 3 : Actes des troisièmes journées scientifiques CREPS de Châtenay-Malabry, 9-11 mai 1996*, pp. 35-45.
- Goldberg, J.H., & Kotval, X.P.** (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631-645.
- Guthrie, J.T.** (1988). Locating information in documents: Examination of a cognitive model, *Reading Research Quarterly*, 23(2), 178-199.
- Hammache, A., Ahmed - Ouamer, R.** (2008). Un système de recherche d'information pour l'e-learning. *Document Numérique* 11(1-2): 85-105 (2008).
- Hasher, L., & Zacks, R. T.** (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. In : G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193-225). New York: Academic Press.
- Herman I., Melancon G, Marshall M.S.** (2000). Graph visualization and navigation in information visualization: a survey. *IEEE trans. on Visualization and Computer Graphics* vol. 6, No. 1, 2000, pp. 24-43.
- Hoc, J.-M.** (1987). Prise de conscience et planification, *Psychologie Française*, 32, 247-252.
- Hoc, J.-M., & Darses, F.** (2004). *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, Paris : PUF.
- Hölscher, C. et Strube, G.** (2000). Web search behavior of Internet experts and newbies. 9th *International Conference on the World Wide Web (WWW9)*, 15-19 may 2000.
- IEA** (2010). What is Ergonomics. International Ergonomics Association. http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html. (Page consultée le 18 janvier 2011).
- Ihadjadene M., Chaudiron S.** (2008). L'étude des dispositifs d'accès à l'information électronique. In : *Sciences de l'information : Problématiques émergentes*, Paris, Hermès, p. 183-207.

Ihadjadene, M., et Martins, D. (2004). Experts dans le domaine, experts en internet, les effets sur la recherche d'information. Paris, Hermès 39.

Ingwersen P. (1996). Cognitive perspectives of information retrieval interactions : Elements of a cognitive IR Theory. *Annual review of information science and technology*, vol. 52, n° 1, p. 3-50, 1996.

Jamet, E. Erhel, S. (2006). Les effets de l'intégration spatiale de fenêtres ponctuelles sur la compréhension de documents illustrés. *Psychologie française* – 51, p73–86.

Jamet, E. Le Bohec, O. et Hidrio, C. (2003). Comment présenter l'information dans les documents numériques éducatifs ? Une approche de psychologie cognitive. Lavoisier *Document numérique* - Volume 7 pages 25 à 38.

Järvelin K. (1986). On information, information technology and the development of society: An information science perspective. Ingwersen P., Kajberg L., Pejtersen A. M(dir.), p. 35-5.

Jégou, G. Andréo, P et Rouet, J-F. (2001). Le rôle de la structure de la tâche dans la recherche d'information sur site web. *Cinquième colloque hypermédias et apprentissages*.

Kim J. (2008). Task as a context of information seeking: an investigation of daily life tasks on the web. *Libri*, vol. 58, p. 172-181.

Kim J. (2009). Describing and Predicting Information Seeking Behavior on the Web. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 60, n° 4, p. 679–693.

Kirakowski, J, Claridge, N., & Whitehand, R. (1998). Human Centered Measures of Success in Web Site Design. Paper presented at the Human Factors and the Web Workshop, Basking Ridge, NJ.

Kitajima, M., Blackmon, M. H., Polson, P. G. & Lewis, C. (2002). Auto CWW: Automated Cognitive Walkthrough for the Web. *Human Interface Symposium 2002* (Human Interface Society, Sapporo, Japan, September 1-3, 200), 271-274.

Kolmayer E. (1998). Démarche d'interrogation documentaire et navigation. In : J-F. Rouet, B. de la Passardière (Eds), *Hypermédias et Apprentissages 4, Actes du quatrième colloque Hypermédias et Apprentissages*, Poitiers, Paris : INRP-EPI, p. 121-134.

Kuhltau, C. (1991). Inside the search process: information seeking form the user's perspective, *Journal of the American Society for Information Science*, 42, 361-371.

Kuhltau, C. (1994). Impact of the Information Search Process model on library services, *Research Quarterly*, 34, 21-26.

Lamprier. S, Amghar. T, Levrat. B, Saubion. F.(2010). Organiser les résultats d'une recherche d'information Clustering, répartition de l'information et facilité d'accès. *Recherche d'information*, p 9-39 Lavoisier, Paris.

Lazonder, A. W., Biemans, H. J. A., Wopereis, G. J. H. (2000). Differences between novice and experienced users in searching in the World Wide Web. *Journal of the American Society for Information Science*, 51 (6), 2000, p. 576-581.

- Lazonder A.W., & Rouet J.F.** (2008). Information problem solving instruction: Some cognitive and metacognitive issues. *Computers in Human Behavior*, vol. 24, p. 753-765.
- Lebahar, J-C.** (1983). Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude, Marseille : Parenthèse.
- Lecolinet, E., & Pook, S.** (2002). Techniques focus + contexte pour la navigation interactive dans les bases de données. Lavoisier | *Les Cahiers du numérique* 2002/3 - Vol. 3 pages 191 à 210.
- Lee, A.** (1999). Web usability. A review of the research. *SIGCHI Bulletin*, 31, 38-40.
- Leontiev, A.** (1972). *Le développement du psychisme*, Editions Sociales.
- Leplat, J., Hoc J.-M.** (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, vol. 3, n° 1, p. 49-63.
- Le Coadic, Y.** (1998). *Le besoin d'information*, Paris : Nathan.
- Le Coadic, Y.** (1997). *Usages et usagers de l'information*. Paris : Nathan.
- Legros, D. Pudelko, B. Crinon, J. Tricot, A.** (2000). Les effets des systèmes et des outils multimédia sur la cognition, l'apprentissage et l'enseignement : une articulation nécessaire entre la recherche théorique et la pratique de terrain. *Éducation et Formations*, 56, 161-168.
- Leleu-Merviel, S.** (2004). Effets de la numérisation et de la mise en réseau sur le concept de document. In : *Information-Interaction-Intelligence*, Volume 4, n°1.
- Lemaire, P** (1999). *Le vieillissement cognitif*. PUF: collection "que sais-je".
- Levy, C. M., & Ransdell, S.** (1995). Is writing as difficult as it seems? *Memory and Cognition*, 23, 767-779.
- Ling, J. & Van Schaik, P.** (2006). The influence of font type and line length on visual search and information retrieval in web pages. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64(5), 395-404.
- Lupovici, C.** (2000). Les stratégies de gestion et de conservation préventive des documents électroniques, *BBF*, T45, n°4, p.43-54.
- Madden, D. J.** (2007). Aging and visual attention. *Current Directions in Psychological Science*, 16(2), 70-74.
- Ihadjadene M., Chaudiron S.** (2009). Des processus aux pratiques : quels modèles informationnels pour analyser l'accès à l'information en contexte professionnel ? In *Actes du Colloque Evolutions technologiques et information professionnelle : pratiques, acteurs et documents*, Université Stendhal, Grenoble, 10 et 11 décembre 2009.
- Maincent, A.,** (2001). Le NASA TLX, traduit en français et adapté pour le Laboratoire d'Etudes et d'Analyses de la Cognition et des Modèles, Lyon.

- Marchionini, G.** (1995). Information seeking strategies in electronic environments. New York : Cambridge University Press.
- Marchionini, G.** (1997). Information seeking in electronic environments. Cambridge University Press.1997. Vol. Issue 9 of Cambridge series on *human-computer interaction*. ISBN9780521586740.
- Marquie, J. C., & Huet, N.** (2000). Age differences in feeling-of-knowing and confidence judgments as a function of knowledge domain. *Psychology and Aging*, 15(3), 451-461.
- Marquié, J.-C., Jourdan, L., & Huet, N.** (2002). Do older adults underestimate their actual computer knowledge ? *Behaviour and Information Technology*, 21, 273-280.
- Meunier, J-G.** (1995). La lecture et l'analyse de textes assistées par ordinateur. (LATAO) Partie 1: Quelques fondements théoriques. In : *Cahiers de recherche de LANCI*, n° 95.
- Miller, G.A.** (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller, G.A.** (1996). WORDNET a lexical database for English. *Communications of ACM*, 1996.
- Navarro-Prieto, R., Scaife, M., & Rogers, Y.** (1999). Cognitive Strategies in Web Searching. Proceedings of the 5th Conference on Human Factors & the Web, 1999, Available at (<http://zing.ncsl.nist.gov/hfweb/proceedings/navarro-prieto/index.html>).
- Newell, A., & Simon, H.A.** (1972). Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice. pp. 211-87, 153-89.
- Norman D.A.** (1983). Some observations on mental models. In gentner & steveneds, *Mentals Models*, Hillsdale, N-J, Lawrence Erlbaum Associates.
- Norman, K. L.** (1991). The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control at the Human / Computer Interface. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Papy, F.** (2006). Modélisation des métadonnées bibliographiques : une contribution instrumente destinée à améliorer la circulation des usagers dans les connaissances de la bibliothèque, *Actes du colloque IC'2006, Nantes*, 28-30 juin 2006.
- Park, S., Choi, D., & Kim, J.** (2004). Critical factors for the aesthetic fidelity of web pages: empirical studies with professional web designers and users. *Interacting with computers*, 16, 351-376.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J.** (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1-4.
- Pejtersen A.M., Fidel R.A.** (1998). A framework for work centred evaluation and design: a case study of Information, Retrieval on the web, Working Paper for MIRA workshop, <http://www.dcs.gla.ac.uk/mira/workshops/grneoble/fp.pdf>.

Pédaque R.T., (2003). Document: forme, signe et médium, les reformulations du numérique. (http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/05/11/index_fr.html).

Piolat, A., Olive, T., Roussey, J.-Y., & Thunin, O. (1999). SCRIPTKELL: an experimental tool assisted by computer for analysis cognitive effort and time processing during writing and other tasks, *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 31, 113-121.

Piolat, A., & Olive, T. (2000). Comment étudier le coût et le déroulement de la rédaction de textes ? La méthode de la triple tâche : Un bilan méthodologique. *L'Année Psychologique*, 100, 465-502.

Posner, M. I., & Boies, S. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.

Pirolli, P., & Card, S. (1999). Information foraging. *Psychological Review*, 106, 643-675.

Plude, D. J., & Hoyer, W. J. (1985). Attention and performance: Identifying and localizing age deficits. In N. Charness (Ed.), *Aging and Human Performance* (pp. 83-89). New York: Wiley and Sons, Ltd.

Pook, S, Lecolinet, E, Vaysseix, Guy and Barillot, E. (2000). Control menus! Execution and control in a single interactor. CHI 2000.

Polity Y. (1999). Le comportement des chercheurs dans leur activité (y compris face à la documentation), disponible : http://www-v.cict.fr/adbu/actes_et_je/je99/Polity.html.

Polity, Y. (2000). L'évolution des paradigmes dans le domaine de la recherche d'information. Groupe de Travail « Théories et Pratiques scientifiques », SFSIC, 3 mars 2000.

Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. Helen, Benyon, D., Holland, S., and Carey, T. (1994). *Human - Computer Interaction*. Harlow, England: Addison-Wesley.

Quarteronie, P. (1996). Un hypermédia pédagogiquement efficace. Thèse Université d'Aix Marseille 3. Disponible sur: <http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/reveduc/html/titre96.html>.

Raynerk., Pollatsek A. (1992). Eye Movements and Scene Perception. *Canadian Journal of Psychology*, 46, p.342-376.

Ravestein J., Ladage C., & Johsua S. (2007). Trouver et utiliser des informations sur Internet à l'école : problèmes techniques et questions éthiques. *Revue française de pédagogie*, vol. 158, p. 71-83.

Ricard E. Downing A, Joi L. Mooreb, Steven W. Brown. (2005). The effects and interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking. *Computers in Human Behavior*, 21 /195–209.

Richard, J.-F. (1991). *Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Colin.

Rocchio J. I. (1971). Relevance feedback in information retrieval. In : The SMART Retrieval System », Prentice-Hall p. 313-323.

- Rogers, W. A., Meyer, B., Walker, N., & Fisk, A. D.** (1998). Functional limitations to daily living tasks in the aged: A focus group analysis. *Human Factors*, 40(1), 111-125.
- Rouet J.-F.** (1990). Interactive text processing in inexperienced (hyper-) readers. In : Rizk A., Streitz N., André J. (Eds.) *Hypertexts: Concepts, systems and applications*, Cambridge University Press, p 250-260.
- Rouet J.-F., Tricot A.** (1995). Recherche d'informations dans les systèmes hypertextes : des représentations de la tâche à un modèle de l'activité cognitive. *Sciences et Techniques Educatives*, vol.2, n° 3, p. 307-331.
- Rouet, J.-F., & Tricot, A.** (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs. *Hypertextes et Hypermédias*, n° hors-série, 57-74.
- Rouet J.-F.** (2000). Learning from hypermedia systems: cognitive approaches. *Journal of Computer assisted Learning*, 16 (2).
- Rouet J.F, Coutelet B., Dinet J.** (2004). La recherche d'informations dans les docs complexes : processus cognitifs, apprentissage et développement. *Jetsic, 2004, Genève*.
- Rouet, J.-F., Ros., C., Jégou, G., & Metta, S.** (2004). Chercher des informations dans les menus Web : interaction entre tâche, type de menu et variables individuelles. *Le Travail Humain*, 67, 379-397.
- Rudolph P. Darken, John L.Sibert,** (1996). Navigating large virtual spaces. *International Journal of Human-Computer* 8(1) 49-71.
- Salthouse, T. A.** (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428.
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L.** (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27(5), 763-776.
- Saint Dizier, P., Viegas, E.** (1995). *Computational Lexical Semantics*. Cambridge University Press, juillet 1995.
- Saracevic, T.** (1997). The stratified model of information retrieval interaction : extension and applications. In : *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the American Society for Information Science*, 34, 313-327.
- Scaife, M. and Rogers, Y.** (1996). External cognition: how do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schamber L.** (1994). Relevance and information behavior. *Annual Review of Information Science and Technology*, Martha Williams, dir, vol. 29, p. 3-48). Medford, NJ, Learned Information.
- Scialfa, C. T.** (2002). The role of sensory factors in cognitive aging research. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne De Psychologie Expérimentale*, 56(3), 153-163.

Shneiderman B and Plaisant C. (2005). Designing the user interface, Pearson Education, Inc.

Simon, H.A. (1991). Cognitive architectures and rational analysis: comment. In : K. van Lehn (Ed.), *Architectures for intelligence*, Lawrence Erlbaum Associates.

Stark, H. (1990). Pop -up Windows and memory for text. *Poster au congrès INTERACT'90 à Cambridge.*

Self (2008). Définitions. *Société d'Ergonomie de Langue Française.*

<http://www.ergonomie-self.org/heading/heading27163.html>. (Page consultée le 18 janvier 2011).

Simon, H.A. (1973). The structure of ill - structured problems. *Artificial Intelligence*, (4), 181–202.

Simon, H.A. (1991). Cognitive architectures and rational analysis: comment. In : K. van Lehn (Ed.), *Architectures for intelligence*, Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

Simonnot, B. (2008). La pertinence en sciences de l'information : des modèles, une théorie ? », pp. 161-182 ch. 6 in Papy F. (dir.), *Problématiques émergentes dans les Sciences de l'Information*, Paris : Hermès-Lavoisier.

Smith, M. W., Sharit, J., & Czaja, S. J. (1999). Aging, motor control, and the performance of computer mouse tasks. *Human Factors*, 41(3), 389-396.

Sorrows, M.E., & Hirtle, S. C. (1999). The nature of landmarks for real and electronic spaces. In : C. Freksa & D. M. Mark (Eds.), *Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science. International Conference COSIT '99, State, Germany, August 25–29.*

Sperandio, J.-C. (1972). Charge de travail et régulation des processus opératoires. *Le Travail Humain*, 35, 85-93.

Strahm, M. (2002). Élaboration d'un outil d'évaluation permettant la discrimination du niveau d'expertise dans le domaine de la navigation Internet. Mémoire de Maîtrise de Psychologie sous la direction de Thierry BACCINO. Université de Nice Sophia Antipolis.

Souchier E. (1996). L'écrit d'écran, pratique & informatique. In "*Communication et langages*", n° 107, 1er trimestre 1996, pp. 105-119.

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition & Instruction*, 12, 185.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.

Sweller, J. (1999). Instructional design in technical areas, *Australian Education Review*, 43.

Teevan J., Dumais S., Horvitz E. (2005). Personalizing search via automated analysis of interests and activities. *Proceedings of the 28th Annual ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval SIGIR*, p. 449-456.

Teo, H-H, Oa, L-B, Liu, C, & Wei, K-K. (2003). An empirical study of the effects of interactivity on Web user Attitude. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 281-305.

Thivant, E. (2001). Vers une modélisation des pratiques d'accès à l'information. (<http://archivesic.ccsd.cnrs.fr>).

Thivant, E., & Bouzidi, L. (2005). Les pratiques d'accès à l'information : le cas des concepteurs de produits de placements financiers. *Revue électronique pour le développement du logiciel* (ADELI), (<http://campus.hesge.ch/ressi/Numero2>).

Tricot, A. (1993a). Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif. In G.L. Baron, J. Baudé & B. de La Passardière (Eds.), *Hypermédias et Apprentissages 2*. (pp. 21-38). Paris : Presses de l'INRP / EPI.

Tricot, A. (1995). Modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation dans les hypermedias. Thèse de doctorat en Psychologie cognitive, Université d'Aix-en-Provence.

Tricot, A., Bétrancourt, M., Dufresne, A., Merlet, S., Rouet, J.-F., & De Vries, E. (1996). Des hypermédias pour quoi faire ? L'apport des modèles de tâches à la conception d'hypermédias pour l'apprentissage. In E. Bruillard, J.-M. Baldner & G.L. Baron (Eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*. (pp. 257-272). Paris : Presses de l'INRP / EPI.

Tricot, A., & Rufino, A. (1996). La recherche d'information dans un système d'auto-documentation informatisé. *L'Orientation scolaire et professionnelle*.

Tricot, A., Pierre-Demarcy, C., & El Boussarghini, R. (1998). Définitions d'aides en fonction des types d'apprentissages dans des environnements hypermédias. *Quatrième colloque "Hypermédias et Apprentissages"*, Poitiers France.

Tricot, A., Pierre-Demarcy, C., & El Boussarghini, R. (1998). Un panorama des recherches consacrées à l'étude de l'activité mentale de l'utilisateur d'un hypermédia. *Sciences et Techniques Éducatives*, 5 (4), 371-400.

Tricot, A. et al (1998). Un point sur la modélisation des tâches de recherche d'informations dans le domaine des hypermédias. *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, (pp. 35-56). Paris : Hermès.

Tricot, A. et Golanski, C. (2002). Vers une description des tâches de recherche d'information au service de la conception d'objets communicants ou de services. *Objets communicants*. Paris : Hermès Science (pp. 175-291).

Tricot, A. (2003). L'activité de recherche d'information dans les systèmes de documents : apports récents et perspectives. *Actes du 6ème congrès des documentalistes de l'éducation nationale*. (pp. 69-74). Paris : Nathan.

Tricot, A., & Rouet, J.-F. (2004). Activités de navigation dans les systèmes d'information, In : J.-M. HOC & F. DARSESES (Eds.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, Paris : PUF, 71-95.

Tricot, A. (2007). *Apprentissages et documents numériques*. Tricot, A., & Boubée, N. (2007). L'usage des TIC comme situation d'apprentissage implicite : le cas des compétences documentaires. *Les Dossiers de l'Ingénierie Educative*. Numéro hors-série, 149-158.

Tricot, A. (2007). *Apprentissages et documents numériques*. Paris : Belin.

Tricot, A et Chevallier, A. (2009). La cible permet-elle de caractériser la difficulté d'une tâche de recherche d'informations sur le Web ? *Epique 2009, 5ème colloque de Psychologie ergonomique*, p157-163.

Tricot, A. (2009). La régulation de la charge cognitive : un nouveau point de vue. *EPIQUE*. Nice, France, 29-30 Septembre.

Tufte, E. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire, CT.

Van Bruggen, J. M., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Learning and Instruction*, 12(1), 121–138.

Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 849-857.

Véronis, J. (2006). Etude comparative de six moteurs de recherche – Université de Provence. <http://sites.univ-provence.fr/veronis/pdf/2006-etude-comparative.pdf>.

Voorhees, E.M. (1996). Variations in relevance judgements and the measurement of retrieval effectiveness. *Information Processing & Management*, Vol. 36.

Walraven A, Gruwel B S, & Boshuizen PA H. (2009). How students evaluate information and sources when searching the World Wide Web for information. *Computers & education*, vol. 52, p. 234-246.

Westerman, S. J., Davies, D. R., Glendon, A. I., Stammers, R. B., & Matthews, G. (1995). Age and cognitive ability as predictors of computerized information retrieval. *Behaviour & Information Technology*, 14(5), 313-326.

Wilson, T. D. (1994). Information needs and uses, fifty years of progress. In : Vickery, B. C., Fifty years of information progress : *A journal of documentation review*, edited by, ASLIB.

Wilson, T.D. (1999). Model in Information behavior research. In : *Journal of Documentation*, 55, 3, 249-269.

Wright P. (1991). Cognitive overheads and prostheses: some issues in evaluating hypertexts. *Hypertext '91 Proceedings*, ACM Press, p. 1-12.

Xie, I. & Joo, S. (2010). Transitions in Search Tactics During the web-Based Search Process. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, n°. 11, p. 2188–2205.

Zeller, P. & Dillenbourg, P. (1997). Effet du type d'activité sur les stratégies d'exploration d'un hyper document. *Sciences et techniques éducatives*, 4 (4).

Yoo, S. H., & Yoon, W. C. (2006). Modeling users' task performance on the mobile device: PC convergence system. *Interacting with Computers*, 18(5), 1084-1100.

Yu, B.-M., & Roh, S.-Z. (2002). The effects of menu-design on information seeking performance and users' attitude on the World Wide Web. *JASIST*, 53(11), 923-933.

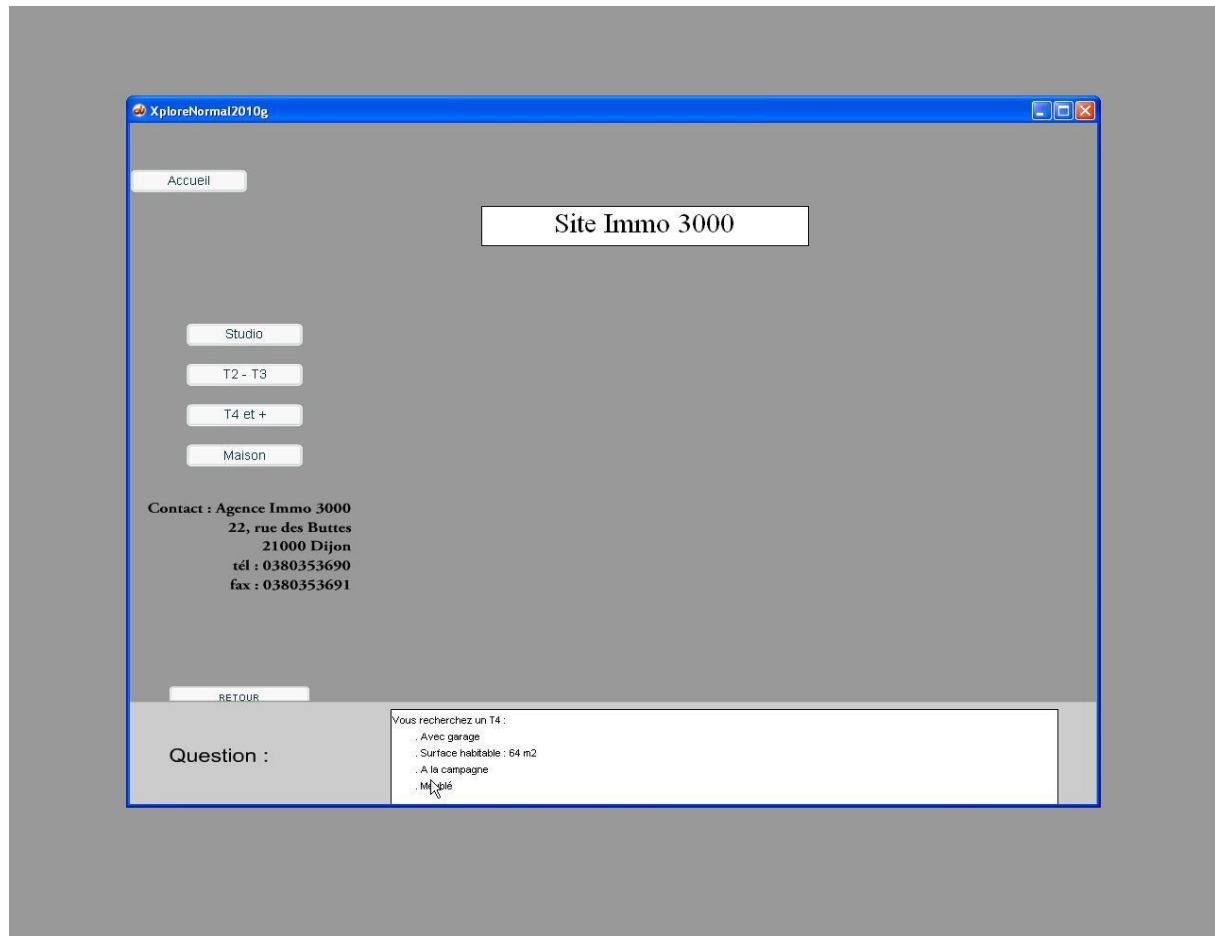
ANNEXES

ANNEXE 1 : Présentation du Tobii 1750

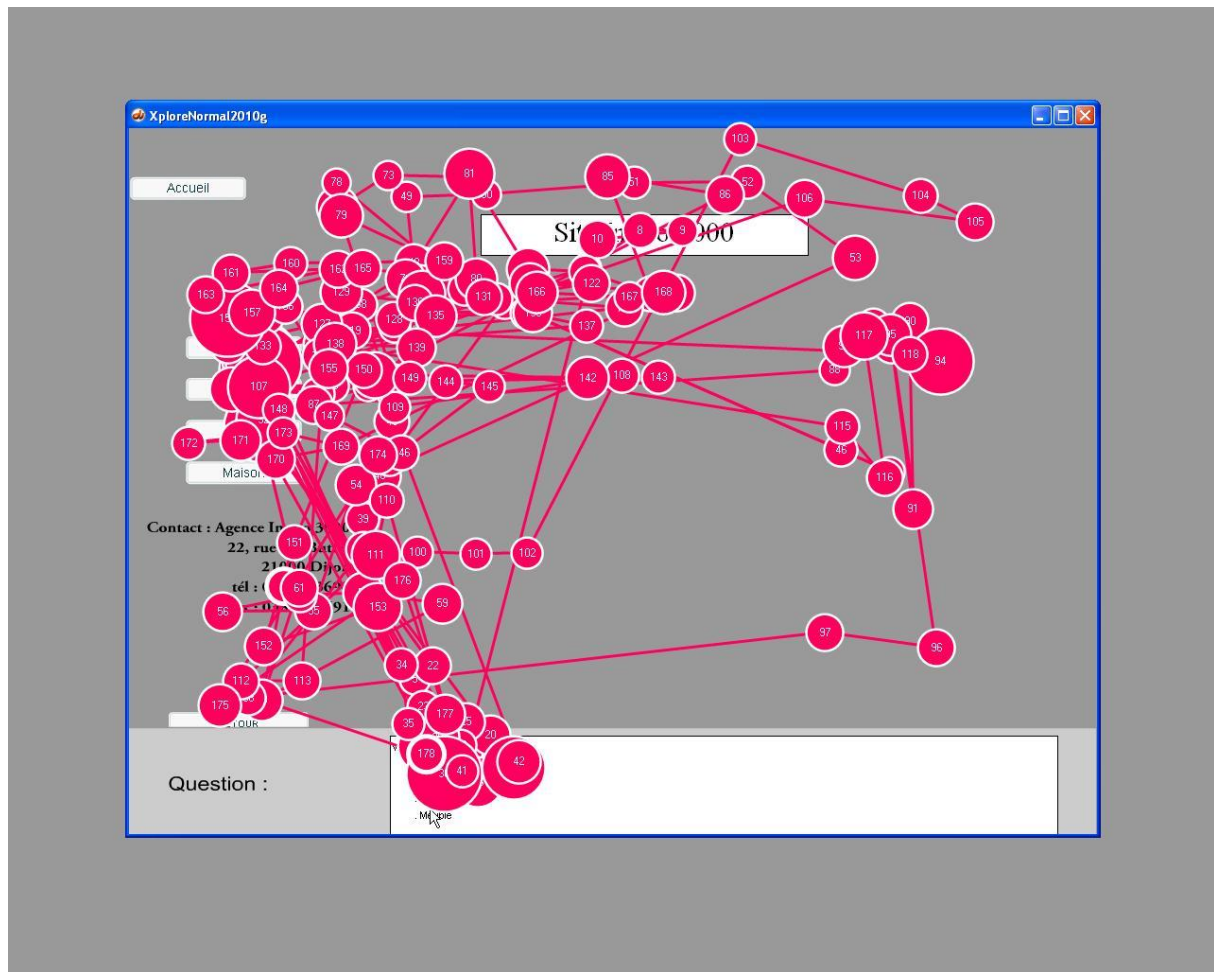


Le Tobii 1750 est un oculomètre comprenant un écran avec une caméra infrarouge intégrée. La dimension de l'écran est de 17 pouces, sa résolution est de 1280 x 1024 pixels. Il sert à projeter les stimuli. La fréquence de rafraîchissement de l'écran du Tobii 1750 est de 50 Hz, ce qui veut dire que l'image est projetée à l'écran 50 fois par seconde. Pendant ce temps, la caméra infrarouge enregistre le déplacement des pupilles de l'œil droit et de l'œil gauche. Le logiciel tobii studio calcule ensuite les coordonnées (x, y) de chaque point de fixation sur le stimulus, ce qui nous permet de savoir exactement ce que l'individu a regardé et à quel moment. Pour permettre une précision optimale de chaque fixation, une phase de calibrage du système est nécessaire pour chaque participant et avant chaque enregistrement. Elle consiste à montrer des points se déplaçant aléatoirement sur l'écran et demander ainsi aux participants de les suivre du regard. L'oculomètre est alors en mesure de calculer à partir de la réflexion cornéale de chaque individu la position exacte de chaque fixation sur le stimulus. L'avantage du Tobii 1750 par rapport aux appareillages compliqués des années 70 ressemblant à des machines pour examen ophtalmologique, réside dans le fait que le participant n'a plus besoin de garder sa tête immobilisée dans un étau. Il est libre de bouger la tête dans un espace de 30 cm de longueur, 15 cm de hauteur, et 20 cm de profondeur, à une distance de 60 cm de l'écran. La collecte de données s'avère ainsi ressembler d'avantage à des conditions naturelles.

ANNEXE 2 : exemple présentation de la consigne (site Immo 3000)



ANNEXE 3: parcours oculaire d'un sujet



ANNEXE 4 : données brutes test

Description Sujet

maeva

20

Question :	0 Temps	1011	Numero Page :	Accueil
Question :	0 Temps	5017	Numero Page :	P1
Question :	0 Temps	7024	Numero Page :	P11
Question :	0 Temps	8034	Numero Page :	P111
Question :	0 Temps	10049	Numero Page :	P11112
Question :	1 Temps	15221	Numero Page :	Accueil
Question :	1 Temps	18233	Consigne Type	
Question :	1 Temps	18233	Numero Page :	Accueil
Question :	1 Temps	20242	Numero Page :	Accueil
Question :	1 Temps	24248	Numero Page :	P1
Question :	1 Temps	25253	Numero Page :	P12
Question :	1 Temps	25269	Numero Page :	P121
Question :	1 Temps	27283	Numero Page :	P12112
Question :	2 Temps	53301	Numero Page :	Accueil
Question :	2 Temps	78308	Numero Page :	P1
Question :	2 Temps	79314	Numero Page :	P12
Question :	2 Temps	80322	Numero Page :	P122
Question :	2 Temps	82335	Numero Page :	P12211
Question :	2 Temps	115343	Consigne Logement	
Question :	3 Temps	125348	Numero Page :	Accueil
Question :	3 Temps	129363	Numero Page :	P1
Question :	3 Temps	130369	Numero Page :	P13
Question :	3 Temps	131376	Numero Page :	P131
Question :	3 Temps	132382	Numero Page :	P1312
Question :	3 Temps	133390	Numero Page :	P13121
Question :	4 Temps	152407	Numero Page :	Accueil
Question :	4 Temps	158415	Numero Page :	P2
Question :	4 Temps	162431	Numero Page :	P22
Question :	4 Temps	165446	Numero Page :	P221
Question :	4 Temps	165476	Numero Page :	P22111
Question :	5 Temps	192493	Numero Page :	Accueil
Question :	5 Temps	206502	Numero Page :	P2
Question :	5 Temps	207509	Numero Page :	P22

Question :	5 Temps	213517	Numero Page :	P222
Question :	5 Temps	213531	Numero Page :	P2222
Question :	5 Temps	213546	Numero Page :	P22222
Question :	6 Temps	239565	Numero Page :	Accueil
Question :	6 Temps	240574	Consigne Type	
Question :	6 Temps	242572	Numero Page :	P2
Question :	6 Temps	243579	Numero Page :	P22
Question :	6 Temps	245597	Numero Page :	P221
Question :	6 Temps	246618	Numero Page :	P22111
Question :	6 Temps	250625	Numero Page :	P2211
Question :	6 Temps	251633	Numero Page :	P22112
Question :	7 Temps	276651	Numero Page :	Accueil
Question :	7 Temps	279671	Consigne Type	
Question :	7 Temps	281657	Numero Page :	P2
Question :	7 Temps	282663	Numero Page :	P21
Question :	7 Temps	283670	Numero Page :	P212
Question :	7 Temps	285676	Numero Page :	P2122
Question :	7 Temps	286681	Numero Page :	P21222
Question :	8 Temps	302705	Numero Page :	Accueil
Question :	8 Temps	304719	Consigne Type	
Question :	8 Temps	305714	Numero Page :	P3
Question :	8 Temps	308720	Numero Page :	P33
Question :	8 Temps	309725	Numero Page :	P331
Question :	8 Temps	311744	Numero Page :	P33111
Question :	9 Temps	342782	Numero Page :	Accueil
Question :	9 Temps	343787	Numero Page :	P3
Question :	9 Temps	344793	Numero Page :	P32
Question :	9 Temps	347809	Numero Page :	P322
Question :	9 Temps	347824	Numero Page :	P3222
Question :	9 Temps	347838	Numero Page :	P32222
Question :	10 Temps	361855	Numero Page :	Accueil
Question :	10 Temps	366861	Numero Page :	P3
Question :	10 Temps	366874	Numero Page :	P33
Question :	10 Temps	366888	Numero Page :	P331
Question :	10 Temps	370908	Numero Page :	P33111
Question :	10 Temps	376930	Consigne Logement	
Question :	11 Temps	380922	Numero Page :	Accueil
Question :	11 Temps	386929	Numero Page :	P3
Question :	11 Temps	386943	Numero Page :	P33
Question :	11 Temps	387950	Numero Page :	P332
Question :	11 Temps	391981	Numero Page :	P33211
Question :	12 Temps	402000	Numero Page :	Accueil
Question :	12 Temps	404014	Consigne Type	
Question :	12 Temps	406007	Numero Page :	P4

Question :	12	Temps	408015	Numero Page :	P41
Question :	12	Temps	410027	Consigne Situation	
Question :	12	Temps	416022	Numero Page :	P411
Question :	12	Temps	421058	Numero Page :	P41111
Question :	13	Temps	438229	Numero Page :	Accueil
Question :	13	Temps	441234	Numero Page :	P4
Question :	13	Temps	443251	Numero Page :	P42
Question :	13	Temps	445258	Numero Page :	P4
Question :	13	Temps	445273	Numero Page :	P41
Question :	13	Temps	448280	Numero Page :	P412
Question :	13	Temps	453288	Numero Page :	P4122
Question :	13	Temps	453302	Numero Page :	P41222
Question :	14	Temps	467320	Numero Page :	Accueil
Question :	14	Temps	470326	Numero Page :	P4
Question :	14	Temps	472333	Numero Page :	P42
Question :	14	Temps	478346	Consigne Situation	
Question :	14	Temps	479339	Numero Page :	P421
Question :	14	Temps	480360	Numero Page :	P42112
Question :	15	Temps	511377	Numero Page :	Accueil
Question :	15	Temps	516383	Numero Page :	P4
Question :	15	Temps	517389	Numero Page :	P43
Question :	15	Temps	521395	Numero Page :	P432
Question :	15	Temps	530416	Numero Page :	P43211
Question :	15	Temps	551425	Numero Page :	P4321
Question :	15	Temps	552432	Numero Page :	P432
Question :	15	Temps	553437	Numero Page :	P4322
Question :	15	Temps	553451	Numero Page :	P43221
Question :	15	Temps	561459	Numero Page :	P4322
Question :	15	Temps	562466	Numero Page :	P43221
Question :	16	Temps	575481	Numero Page :	Accueil
Question :	16	Temps	578491	Numero Page :	P1
Question :	16	Temps	579497	Numero Page :	P12
Question :	16	Temps	581509	Numero Page :	P121
Question :	16	Temps	583531	Numero Page :	P12111
Question :	17	Temps	621549	Numero Page :	Accueil
Question :	17	Temps	624569	Numero Page :	P1
Question :	17	Temps	632576	Numero Page :	P13
Question :	17	Temps	632589	Numero Page :	P132
Question :	17	Temps	636595	Numero Page :	P1322
Question :	17	Temps	636609	Numero Page :	P13222
Question :	18	Temps	682626	Numero Page :	Accueil
Question :	18	Temps	684633	Numero Page :	P1
Question :	18	Temps	684647	Numero Page :	P13
Question :	18	Temps	686667	Numero Page :	P131

Question :	18	Temps	688688	Numero Page :	P13111
Question :	19	Temps	716704	Numero Page :	Accueil
Question :	19	Temps	718715	Numero Page :	P1
Question :	19	Temps	720721	Numero Page :	P12
Question :	19	Temps	720735	Numero Page :	P122
Question :	19	Temps	723750	Consigne Meuble	
Question :	19	Temps	724759	Numero Page :	P12212
Question :	20	Temps	744789	Numero Page :	Accueil
Question :	20	Temps	747796	Numero Page :	P4
Question :	20	Temps	748803	Numero Page :	P41
Question :	20	Temps	751809	Numero Page :	P411
Question :	20	Temps	755829	Numero Page :	P41111
Question :	21	Temps	759846	Numero Page :	Accueil
Question :	21	Temps	762855	Numero Page :	P4
Question :	21	Temps	763861	Numero Page :	P41
Question :	21	Temps	768879	Numero Page :	P412
Question :	21	Temps	768893	Numero Page :	P4122
Question :	21	Temps	770908	Numero Page :	P41222
Question :	22	Temps	775922	Numero Page :	Accueil
Question :	22	Temps	777944	Numero Page :	P4
Question :	22	Temps	780949	Numero Page :	P41
Question :	22	Temps	780963	Numero Page :	P411
Question :	22	Temps	785035	Numero Page :	P41111
Question :	23	Temps	788049	Numero Page :	Accueil
Question :	23	Temps	792056	Numero Page :	P4
Question :	23	Temps	792070	Numero Page :	P42
Question :	23	Temps	798077	Numero Page :	P422
Question :	23	Temps	801082	Numero Page :	P4222
Question :	23	Temps	801097	Numero Page :	P42222

ANNEXE 5 : données brutes questionnaire Nasa tlx d'un sujet

Formulaire NASA TLX

Charge Mentale	4
Charge Physique	1
Pression Temporelle	7
Effort/Fatigue	1
Stress	12
Performance	8

Pression Temporelle/Performance : 1

Performance/Charge Physique : 1

Stress/Charge Mentale : 1

Charge Physique/Pression Temporelle : 1

Performance/Stress : 2

Charge Physique/Effort/Fatigue : 2

Stress/Charge Physique : 1

Performance/Charge Mentale : 1

Charge Mentale/Pression Temporelle : 1

Stress/Pression Temporelle : 2

Effort/Fatigue/Charge Mentale : 1

Effort/Fatigue/Performance : 2

Effort/Fatigue/Stress : 2

Pression Temporelle/Effort/Fatigue : 2

ANNEXE 6 : MMSE

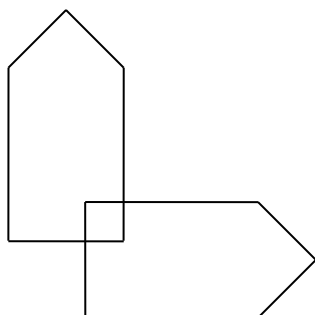
M.M.S.E. (version française élaborée par C. Derouesné, F. Bakchine)

QUESTIONS	REPOSES / REMARQUES	COTATION
<p>1) <u>ORIENTATION TEMPORELLE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - En quelle année sommes-nous ? - En quelle saison sommes-nous ? - Quel mois de l'année sommes-nous ? - Quel jour de la semaine sommes-nous ? - Le combien du mois sommes-nous ? 		0 1 2 3 4 5
<p>2) <u>ORIENTATION SPATIALE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans quel pays sommes-nous ? - Dans quel département sommes-nous ? - Dans quelle ville sommes-nous ? - A quel étage sommes-nous ? - Où sommes-nous ici ? 	<p>amorçage permis région, province acceptées</p> <p>amorçage permis</p>	0 1 2 3 4 5
<p>3) <u>ENREGISTREMENT</u></p> <p>Je vais vous dire 3 noms d'objets et je vais vous demander de les répéter. Essayez de bien les retenir parce que vous devrez me les redire dans un moment: Ballon, Citron, Clé</p>	<p>1 mot / sec. Répéter jusqu'à ce qu'ils soient appris. Max: 3 essais. Score déterminé par le 1er essai.</p> <p>Nb d'essais: 1,2,3</p>	0 1 2 3
<p>4) <u>ATTENTION ET CALCUL</u></p> <p>Je vais vous demander de compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. Si le patient ne peut ou ne veut effectuer cette tâche, demander d'épeler le mot MONDE à l'endroit, puis à l'envers.</p>	<p>Arrêter après 5 soustractions. Noter le nombre de réponses correctes. En cas de difficulté, chaque soustraction peut être décomposée. En cas d'erreur, demander « Etes-vous sûr? » Si le patient corrige, compter le point.</p> <p>93 86 79 72 65</p>	0 1 2 3 4 5
<p>5) <u>RAPPEL</u></p> <p>Vous souvenez-vous des 3 mots que je vous ai demandé de retenir ?</p>		0 1 2 3

6) <u>DENOMINATION</u> Comment cela s'appelle-t-il ? Montre, Crayon		0 1 2
7) <u>REPETITION</u> J'aimerais que vous répétiez l'expression que je vais vous dire (1 seul essai): « Pas de mais, de si, ni de et »		0 1
8) <u>ORDRE ECRIT</u> Lisez à voix haute et faites ce qui est écrit		0 1
9) <u>ORDRE ORAL</u> Dans un instant, je vous donnerai une feuille. A ce moment, prenez cette feuille de la main droite, pliez-la en deux et mettez-la sur vos genoux	Ne donner les instructions qu'une fois. Ne pas conseiller en cours d'exécution.	0 1 2 3
10) <u>EXPRESSION ECRITE</u> Ecrivez une phrase. (doit contenir sjt, vb)		0 1
11) <u>PRAXIE CONSTRUCTIVE (Dessin)</u> Copiez le dessin qui est sur cette feuille		0 1
	TOTAL (sur 30)	

10) Phrase:

11) Dessin:



ANNEXE 7: FERMEZ LES YEUX

FERMEZ LES YEUX

ANNEXE 8 : Données MMSE (Expérience 2)

S u j e t s	A g e	S e x e	Nive au d'étu des	Orient ation tempor elle	Orien tation spacia le	Enre gistr ement	Atten tion et Calcu l	R a p p e l	Dén omi nati on	Ré pét itio n	Or dre écr it	Or dre Or al	Expr essio n écrit e	Praxi e const ructiv e	Tot al Poi nts
1	74	F	3 ^{ème}	5	5	3	5	2	2	1	1	3	1	1	29
2	63	F	BTS	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
3	66	F	Bac +4	5	5	3	2	3	2	0	1	3	1	1	26
4	75	F	3 ^{ème}	4	5	3	5	2	2	1	1	3	1	1	28
5	78	F	Bac	5	5	3	5	3	2	0	1	3	1	1	29
6	79	F	DUT	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
7	61	M	Bac+ 2	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
8	72	F	Bac +4	5	5	3	1	3	2	1	1	2	1	1	25
9	69	M	BEP	5	5	3	2	3	2	0	1	3	1	1	26
10	72	F	CAP	5	5	3	1	3	2	0	1	3	1	1	25
11	70	M	CAP	5	5	3	2	3	2	1	1	3	1	1	27
12	67	F	CAP	5	5	3	5	3	2	0	1	3	1	1	29
13	73	M	Doct orat	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
14	73	F	BEP C	5	5	3	2	0	2	1	1	1	1	1	22
15	72	F	BEP C	5	5	3	1	3	2	1	1	3	1	1	26
16	60	F	Brev et	5	5	3	5	2	2	1	1	3	1	1	29
17	68	F	Bac techn ique	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
18	73	F	Brev et	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
1	71	M	Brev	4	5	3	1	3	2	1	1	2	1	1	24

9	2		et												
2	7	M	CAP	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
2	7	F	BAC	5	5	3	1	2	2	1	1	2	1	1	24
2	6	F	CAP	5	5	3	5	2	2	1	1	3	1	1	29
2	7	F	BEP C	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
2	7	M	BAC	5	5	3	1	2	2	0	1	2	1	1	23
2	6	F	Certif icat d'étu des	5	5	3	1	3	2	0	1	2	1	1	24
2	6	F	BEP	5	5	3	1	1	2	0	1	1	1	1	21
2	6	M	BAC	5	5	3	1	2	2	0	1	2	1	1	23
2	6	M	BAC	5	5	3	2	3	2	1	1	2	1	1	26
2	6	M	BAC	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
3	7	M	Brev et	5	5	3	5	2	2	1	1	3	1	1	29
3	7	M	BAC	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
3	6	M	BAC + 2	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
3	6	M	BAC +3	5	5	3	5	3	2	1	1	3	1	1	30
3	6	F	BAC +4	5	5	3	3	2	2	1	1	3	1	1	27
3	7	F	BAC	5	5	3	3	2	2	1	1	3	1	1	27
3	6	M	BAC	5	5	3	2	1	2	0	1	2	1	1	23
3	6	M	BAC	5	5	3	1	3	2	0	1	3	1	1	25
3	6	M	BAC +1	5	5	3	3	3	2	1	1	3	1	1	28
3	7	M	Certif icat d'étu des	5	5	3	2	2	2	1	1	3	1	1	26

ANNEXE 9 : MILL HILL (Test de vocabulaire)

SUJET N°:

GROUPE:

LISTE:

TEST DE VOCABULAIRE

Consigne:

Dans chaque groupe de six mots, soulignez le mot qui signifie la même chose que le mot écrit en majuscules au-dessus du groupe.

Le premier mot est donné en exemple.

1. MALARIA

base paludisme
théâtre fruit
océan ton

2. RUSE

couleur niaiserie
rude brûlure
rue astuce

3. RENONCER

contredire décrier
abandonner exécuter
démentir assembler

4. BAVARD

babillard courageux
taciturne solide
émerger montrer

5. CAPRICE

plainte bruit
fantaisie matrice
chevette attaque

6. EVASION

vagabond caprice
obscurité fuite
vision erreur

7. PLAINTIF

astringent craintif
pétulant gémissant
investigateur timide

8. ANONYMAT

applicable magnifique
anomie fictif soulever
faux sans-nom

9. ELEVER

lancer bouger
travailler
résoudre disperser

10. FASCINE

maltraité effrayé
empoisonné charmé
fasciculé copié

11. FECOND

comestible optatif
profond prolifique
sublime aride

12. IMMERGER

fréquenter embrasser
plonger renverser
émerger montrer

13. COURTOIS

affreux orgueilleux
aimable court
révérent vrai

14. GOELETTE

building homme
goéland chant
plante voilier

15. FUTILE

inimitable contraire
sublime frivole
utile aimant

16. PRECIS

naturel stupide
fautif petit

17. PROSPERITE

imagination opulence
empiètement supplique

18. MEDIRE

défier atténuer
suspendre calomnier

rigoureux	confus	prospection	succession	dénaturer	conclure
19. AMULETTE		20. EXTRAVAGANT		21. RESSEMBLANCE	
charme	veste	inexplicable	égoïste	analogie	étourderie
mouvement	talisman	romantique	bizarre	apparence	repos
amusette	saveur	raisonné	louable	soin	souvenir
22. ADJACENT		23. CONSACRER		24. EBAUCHER	
incontestable	continu	dissiper	consoler	esquisser	embaucher
instable	taciturne	supprimer	expliquer	débaucher	déraciner
loquace	contigu	dédier	sacrer	élaborer	approcher
25. POMPEUX		26. COUCHE		27. DILIGENT	
démocratique	ampoulé	élevé	gênant	rebelle	lent
essoufflé	prudent	lourd	repoussé	complaisant	expéditif
destructif	anxieux	repentant	étendu	séduisant	crédule
28. SPECIEUX		29. TEMERITE		30. DISCOURIR	
fallacieux	contemporain	précipitation	imprudence	haranguer	dédaigner
nourissant	typique	nervosité	stabilité	mépriser	abroger
spacieux	flexible	ponctualité	humilité	dire	courir
31. CONCILIER		32. LIBERTIN		33. LIBERTE	
rassembler	accorder	missionnaire	libérateur	licence	libéré
renverser	concéder	libéral	maudit	richesse	ennui
compresser	renforcer	régicide	dissolu	libertaire	joyeux
34. COMMUNICATOIRE					
implacable	chétif				
combinatoire	calme				
mémorable	menaçant				

ANNEXE 10 : résultats MILL HILL (Expérience 2)

Sujets	Age	Sexe	Niveau d'études	Total Points /34
1	74	F	3 ème	27
2	63	F	BTS	30
3	66	F	Bac +4	30
4	75	F	3ème	28
5	78	F	Bac	24
6	79	F	DUT	26
7	61	M	Bac+2	29
8	72	F	Bac +4	23
9	69	M	BEP	19
10	72	F	CAP	27
11	70	M	CAP	29
12	67	F	CAP	25
13	73	M	Doctorat	32
14	73	F	BEPC	26
15	72	F	BEPC	24
16	60	F	Brevet	23
17	69	F	Certificat d'études	23
18	68	M	BAC	31
19	69	M	BAC+2	25
20	70	M	BAC	26
21	75	M	BAC	25
22	62	M	BAC+4	26
23	68	M	BAC+3	28
24	77	M	CAP	27
25	73	F	Brevet	28
26	68	F	BAC	29
27	62	F	CAP	25
28	76	F	BAC+2	28
29	73	F	BEPC	25
30	76	M	Certificat d'études	12
31	77	M	BAC	30
32	72	M	Brevet	21
33	62	M	BAC	28

34	68	F	BEP	26
35	65	M	CAP	17
36	76	F	BAC	31
37	60	M	BAC	28
38	66	M	BAC	26
39	65	F	BAC+4	24

ANNEXE 11 : consigne de recherche

Consigne donnée aux sujets :

« Vous devez rechercher un logement le plus rapidement possible sur le site puis valider votre réponse de la manière suivante :

Appuyer sur la touche « A » pour lire la consigne en bas de l'écran et appuyer sur la touche P pour passer à la question suivante ».

ANNEXE 12 : Type de questions dans chaque modalité

1. Vous recherchez un studio :

Surface : 18 m2	meublé	Surface : 24m2	Non meublé
En ville	Surface : 21m2	A la campagne	Surface : 28 m2

2. Vous recherchez un T3 :

Surface : 44 m2	A lacampagne	Surface 41 m2	Surface : 38 m2
Avec garage	Non meublé	meublé	campagne
meublé	Surface : 43 m2	En ville	Non meublé

3. Vous recherchez un T4 :

Surface : 65 m2	Non meublé	En ville	Avec garage
En ville	Sans garage	Surface : 63 m2	Surface : 64 m2
Meublé	A la campagne	Avec garage	campagne
Avec garage	Surface : 58 m2	meublé	meublé

4. Vous recherchez une maison :

Surface : 56 m2	A la campagne	Sans garage	Surface 130 m2
meublé	Surface 72 m2	meublé	3 chambres
En ville	Sans garage	En ville	Avec garage
Avec garage	Non meublé	Surface : 85 m2	A la campagne
2 chambres	1 salle de bain	3 chambres	chauffage

5. Vous recherchez un studio :

Surface : 25 m2	A la campagne	Surface : 35 m2	A la campagne
En ville	Non meublée	En ville	meublé
meublé	Sans garage	meublé	Sans garage
Avec garage	1 salle de bain	Avec garage	Surface : 24 m2
chauffage	1 balcon	1 salle de bain	WC séparé
1 salle de bain	Avec ascenseur	1 cave	1 salle de bain

6. Vous recherchez une maison :

Surface : 56 m2	Non meublée	En ville	Surface : 93 m2
En ville	A la campagne	Avec garage	Non meublée
meublé	Surface : 70 m2	meublé	campagne
Avec garage	Sans garage	Surface : 74 m2	Sans garage
2 chambres	Chauffage	terrain	3 chambres

	individuel		
1 salle de bain	2 chambres	Chauffage collectif	Chauffage individuel
Chauffage électrique	terrain	Séjour avec cheminée	2 salles de bain

ANNEXE 13 : Correspondance scolarité / années

scolarité	années
CM1	4
CM2	5
6ème	6
5ème	7
4ème	8
3ème	9
seconde	10
première	11
terminale	12
Bac+1	13
Bac +2	14
bac+3	15
bac+4	16
bac+5	17
bac+8	18



IMPRIM' SERVICE
90, rue de Mirande
21000 DIJON
Tél & Fax: 03 80 65 30 74